# PENCIPTAAN BUMI

## Dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains

Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an
Badan Litbang dan Diklat
Kementerian Agama RI

# PENCIPTAAN BUMI

## Dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains

Disusun atas kerjasama :

**Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an**
**Badan Litbang & Diklat Kementerian Agama RI**
**dengan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)**

**Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an**
**Badan Litbang & Diklat**
**Kementerian Agama RI**

*"Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih, Maha Penyayang"*

# PENCIPTAAN BUMI
## Dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains



Cetakan Pertama, Syawwal 1431 H/ September 2010 M

Disusun atas kerjasama :
**Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an**
**Badan Litbang & Diklat Kementerian Agama RI**
**denganLembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)**

**Perpustakaan Nasional RI:** ***Katalog Dalam Terbitan (KDT)***

**Penciptaan Bumi dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains**
(Tafsir 'Ilmi)
Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an
3 Jilid; 17.5 x 25 cm

Diterbitkan oleh Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an dengan biaya
DIPA Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Tahun 2010
Sebanyak: 1000 Eksemplar

ISBN: 978-602-97653-1-1 (Buku 2)

1. Penciptaan Bumi dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains I. Judul

## Pedoman Transliterasi Arab-Latin

Keputusan Bersama Menteri Agama dan Menteri P dan K
Nomor: 158 Tahun 1987 — Nomor: 0543 b/u/1987

### 1. Konsonan

| No. | Arab | Latin |
|---|---|---|
| 1. | ا | tidak dilambangkan |
| 2. | ب | b |
| 3. | ت | t |
| 4. | ث | ṡ |
| 5. | ج | j |
| 6. | ح | ḥ |
| 7. | خ | kh |
| 8. | د | d |
| 9. | ذ | ż |
| 10. | ر | r |
| 11. | ز | z |
| 12. | س | s |
| 13. | ش | sy |
| 14. | ص | ṣ |
| 15. | ض | ḍ |

| No. | Arab | Latin |
|---|---|---|
| 16. | ط | ṭ |
| 17. | ظ | ẓ |
| 18. | ع | ` |
| 19. | غ | g |
| 20. | ف | f |
| 21. | ق | q |
| 22. | ك | k |
| 23. | ل | l |
| 24. | م | m |
| 25. | ن | n |
| 26. | و | w |
| 27. | هـ | h |
| 28. | ء | ' |
| 29. | ي | y |

### 2. Vokal Pendek

َ = a كَتَبَ kataba

ِ = i سُئِلَ su'ila

ُ = u يَذهَبُ yażhabu

### 3. Vokal Panjang

ـَا = ā قَالَ Qāla

ـِى = ī قِيْلَ Qīla

ـُو = ū يَقُوْلُ Yaqūlu

### 4. Diftong

ـَى = ai كَيْفَ kaifa

ـَوْ = au حَوْلَ ḥaula

# DAFTAR ISI


**BAB I__1**

**PENDAHULUAN__3**

a. Kesempurnaan Kerajaan Allah__4
b. Yang Berakal Yang Memahami Kesempurnaan Ciptaan Allah__7
c. Harmoni Ciptaan Allah__10
d. Bumi Tempat Kehidupan Yang Nyaman__13

**BAB II__19**

**AWAL PENCIPTAAN BUMI__20**

Penciptaan Bumi Dalam Dua Masa__ 22

**BAB III __31**

**ANATOMI BUMI__32**

a. Bentuk Dan Ukuran Bumi__32
b. Struktur Bumi__37

**BAB IV__45**

**PROSES GEOLOGI DAN HIDROLOGI__46**

a. Siklus Geologi__46
b. Skala Waktu Geologi__52
c. Proses Erosi dan Sedimentasi__52

**BAB V__57**

**BUMI YANG DINAMIS__58**

a. Tektonik Lempeng__59
b. Proses Hidrologi__71
c. Sumber Daya Bumi__83

**BAB VI__97**

**LAUT DAN SAMUDRA__98**

a. Laut dan Samudra__98
b. Iklim dan Cuaca__110

**DAFTAR PUSTAKA DAN INDEKS__131**

# SAMBUTAN KEPALA BADAN LITBANG DAN DIKLAT KEMENTERIAN AGAMA RI

Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2010 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2010-2014 menyebutkan fokus prioritas peningkatan kualitas kehidupan beragama meliputi:

1. Peningkatan kualitas pemahaman dan pengamalan agama;
2. Peningkatan kualitas kerukunan umat beragama;
3. Peningkatan kualitas pelayanan kehidupan beragama; dan
4. Pelaksanaan ibadah haji yang tertib dan lancar.

Salah satu sarana untuk meningkatkan kualitas pemahaman dan pengamalan agama, terutama bagi umat Islam, adalah penyediaan kitab suci Al-Qur’an. Kedudukan Al-Qur’an sebagai kitab suci sangatlah istimewa, di samping merupakan sumber pokok ajaran Islam dan petunjuk hidup (*hudan*), Al-Qur’an juga sarat dengan isyarat-isyarat ilmiah yang menunjukkan kebesaran dan kekuasaan Allah *subḥānahū wa ta‘ālā*.

Di dalam Al-Qur’an terdapat kurang lebih 750 hingga 1000 ayat yang mengandung isyarat ilmiah, sementara ayat-ayat hukum hanya sekitar 200 hingga 250 ayat, demikian menurut penelitian Zaglūl al-Najjār, pakar geologi muslim dari Mesir. Meskipun jumlah ayat yang mengandung isyarat ilmiah cukup banyak, dalam kenyataannya buku-buku yang berisi fikih masih dominan. Padahal Tuhan tidak pernah membedakan perintah-Nya untuk memahami ayat-ayat Al-Qur’an.

Kalaulah ayat-ayat hukum, muamalat, akhlak, dan akidah merupakan petunjuk bagi manusia untuk mengenal Tuhan dan berperilaku terpuji sesuai petunjuk-Nya, ayat-ayat ilmiah juga merupakan petunjuk akan keagungan dan kekuasaaan Tuhan di alam raya ini. Dari sini maka upaya menjelaskan maksud firman Allah yang mengandung isyarat ilmiah yang disebut dengan *tafsīr 'ilmī* menjadi penting, sama pentingnya dengan penjelasan ayat-ayat hukum. Bedanya, *tafsīr 'ilmī* menyangkut hukum dan fenomena alam, sementara tafsir hukum menyangkut hukum-hukum manusia. Bahkan menurut sementara pakar, *tafsīr 'ilmī* dapat menjadi "ilmu kalam baru" yang dapat memperteguh keimanan manusia modern khususnya di era ilmu pengetahuan dan teknologi seperti saat ini.

Kalau dulu para ulama menjelaskan ilmu-ilmu tentang ketuhanan yang menjadi objek ilmu kalam dengan pendekatan filosofis, maka pada era modern ini, *tafsīr 'ilmī* dapat menjadi model baru dalam mengenalkan Tuhan kepada akal manusia modern. Lebih dari itu, melalui pendekatan saintifik terhadap ayat-ayat yang mengandung isyarat ilmiah, buku *tafsīr 'ilmī* hadir dengan membawa urgensinya sendiri. Urgensi yang mewujud dalam bentuk apresiasi Islam terhadap perkembangan ilmu pengetahuan sekaligus menjadi bukti bahwa agama dan ilmu pengetahuan tidak saling bertentangan.

Kepada para ulama dan pakar, seluruh anggota tim penyusun *tafsīr 'ilmī,* khususnya dari Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), dan Observatorium Bosscha Institut Teknologi Bandung (ITB) yang telah terlibat dalam penyusunan tafsir tersebut, kami menyampaikan penghargaan yang tulus dan ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya. Semoga apa yang telah dihasilkan oleh tim *tafsīr 'ilmī* bermanfaat bagi masyarakat muslim Indonesia dan dicatat dalam timbangan amal saleh.

KEMENTERIAN AGAMA
Badan Litbang dan Diklat
REPUBLIK INDONESIA

Prof. Dr. H. Abdul Djamil, M.A.
NIP: 19570414 198203 1 003

# SAMBUTAN KEPALA LAJNAH PENTASHIHAN MUSHAF AL-QUR'AN KEMENTERIAN AGAMA RI

Sebagai salah satu upaya meningkatkan kualitas pemahaman, penghayatan, dan pengamalan ajaran agama (Al-Qur'an) dalam kehidupan bermasyarakat, berbangsa, dan bernegara, Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Badan Litbang dan Diklat Kementerian Agama RI pada tahun 2009 telah melaksanakan kegiatan penyusunan *tafsīr 'ilmī* atau kajian ayat-ayat kauniyah.

Metode yang diterapkan dalam kajian ini hampir sama dengan yang digunakan dalam tafsir tematik, yaitu dengan menghimpun ayat-ayat yang terkait dengan sebuah persoalan dan menganalisisnya sehingga dapat ditemukan pandangan Al-Qur'an yang utuh menyangkut persolan tersebut. Bedanya, tafsir tematik yang sedang dikembangkan oleh Kementerian Agama saat ini lebih fokus pada persolan akidah, akhlak, ibadah, dan sosial, sementara *tafsīr 'ilmī* fokus pada kajian saintifik terhadap ayat-ayat kauniyah.

Dalam beberapa tahun terakhir telah terwujud kerja sama yang baik antara Kementerian Agama dan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) dalam upaya menjelaskan ayat-ayat kauniyah dalam rangka penyempurnaan buku *Al-Qur'an dan Tafsirnya.* Hasil kajian ayat-ayat kauniyah itu dimasukkan ke dalam tafsir tersebut sesuai tempatnya sebagai tambahan penjelasan atas tafsir yang ada, yang disusun berdasarkan urutan mushaf.

Pada kerja sama kali ini, alhamdulillah dapat menghasilkan beberapa hasil kajian terhadap ayat-ayat kauniyah yang disusun secara tematik, dengan cara

menghimpun ayat-ayat yang terkait dengan satu persoalan dan mengkajinya secara komprehensif dengan pendekatan ilmiah. Tema-tema tersebut yaitu:

A. **Penciptaan Jagat Raya dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains**, dengan pembahasan: 1) Enam Hari Penciptaan; 2) Tujuh Langit: Mengungkap Struktur Alam Semesta; 3) Fenomena Alam; 4) Akhir Alam Semesta.

B. **Penciptaan Bumi dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains**, dengan pembahasan: 1) Pendahuluan; 2) Awal Penciptaan Bumi; 3) Anatomi Bumi; 4) Proses Geologi; 5) Bumi yang Dinamis; 6) Laut dan Samudra.

C. **Penciptaan Manusia dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains**, dengan pembahasan: 1) Asal Muasal Kehidupan; 2) Asal Muasal Manusia; 3) Catatan Al-Qur'an tentang Evolusi Kesadaran Insani Manusia; 4) Penciptaan Adam; 5) Al-Qur'an, Reproduksi, dan Kehidupan Manusia; 6) Manusia sebagai Khalifah.

Tim kajian ayat-ayat kauniyah terdiri dari para pakar dengan latar belakang keilmuan yang berbeda dan dapat dibedakan dalam dua kategori besar. Pertama, mereka yang menguasai persoalan kebahasaan Al-Qur'an dan hal-hal lain yang terkait dengan penafsiran, seperti *asbābun-nuz l, munāsabātul-āyāt*, riwayat-riwayat dalam penafsiran, dan ilmu-ilmu keislaman lainnya. Kedua, mereka yang menguasai persoalan-persoalan saintifik seperti fisika, kimia, biologi, geologi, astronomi, dan lainnya. Kelompok pertama dapat disebut sebagai Tim Syar'i, dan kelompok kedua dapat disebut sebagai Tim Kauni. Keduanya bersinergi dalam bentuk *ijtihād jamā'ī* (ijtihad kolektif) untuk menjelaskan ayat-ayat kauniyah dalam Al-Qur'an.

Tim penyusun *tafsīr 'ilmī* tahun 2009 terdiri dari:

1. Kepala Badan Litbang dan Diklat Kementerian Agama RI.
   **Pengarah**
2. Kepala Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an
   **Pengarah**
3. Prof. Dr. H. Hery Harjono
   **Ketua**
4. Dr. H. Muchlis M. Hanafi, MA.
   **Wakil Ketua**
5. Dr. H. Muhammad Hisyam
   **Sekretaris**
6. Prof. Dr. Arie Budiman
   **Anggota**
7. Prof. Dr. H. Syamsul Farid Ruskanda
   **Anggota**
8. Prof. Dr. H. Hamdani Anwar, MA.
   **Anggota**
9. Prof. Dr. H. Salim Umar, MA.
   **Anggota**
10. Prof. Dr. Thomas Djamaluddin
    **Anggota**
11. Prof. Dr. H. Sibli Sardjaya, LML.
    **Anggota**
12. Dr. H. Hoemam Rozie Sahil
    **Anggota**
13. Dr. H. A. Rahman Djuwansyah
    **Anggota**
14. Ir. H. Dudi Hidayat, M.Sc.
    **Anggota**
15. Abdul Aziz Sidqi, M.Ag.
    **Anggota**

## Staf Sekretariat :

1. Dra. Endang Tjempakasari, M.Lib.
2. Muhammad Musadad, S.Th.I.
3. Zarkasi, MA.

Bertindak sebagai narasumber tetap dalam kajian tersebut adalah Prof. Dr. H. Umar Anggara Jenie, Apt., M.Sc.; Dr. H. Ahsin Sakho Muhammad, MA.; Dr. H. Mudji Raharto, dan Dr. H. Sumanto Imam Hasani.

Mengingat kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan yang sangat cepat dan menuntut pemahaman yang komprehensif tentang ayat-ayat Al-Qur'an, maka kami berharap kegiatan penyusunan *tafsīr 'ilmī* ini dapat berlanjut seiring dengan dinamika yang terjadi dalam masyarakat.

Akhirnya, kami menyampaikan ucapan terima kasih yang setulusnya kepada Menteri Agama yang telah memberikan petunjuk dan dukungan yang besar bagi penyusunan *tafsīr 'ilmī* ini. Demikian juga kami sampaikan terima kasih yang tulus kepada Kepala Badan Litbang dan Diklat Kementerian Agama, atas saran-saran dan dukungan yang diberikan bagi terlaksananya tugas ini. Penghargaan dan ucapan terima kasih yang tulus kami sampaikan kepada para ulama dan pakar, seluruh anggota tim, khususnya dari Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), dan Observatorium Bosscha Institut Teknologi Bandung (ITB), yang telah terlibat dalam penyusunan *tafsīr 'ilmī* ini. Semoga apa yang telah dihasilkan oleh tim *tafsīr 'ilmī* bermanfaat bagi masyarakat dan dicatat sebagai amal saleh.

KEMENTERIAN AGAMA
Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an
JAKARTA

Drs. H. Muhammad Shohib, M.A
NIP. 19540709 198603 1 002

# SAMBUTAN KEPALA LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA (LIPI)

Segala puji kita panjatkan ke hadirat Allah *subḥānahū wa ta‘ālā* yang telah membimbing kita ke jalan keimanan dan keislaman melalui petunjuk Al-Qur'an, kitab yang Ia turunkan melalui perantaraan Malaikat Jibril kepada Nabi Muhammad, nabi akhir zaman dan rasul pungkasan. Salawat dan salam semoga dilimpahkan kepada beliau *Ṣallallāhu ‘alaihi wa sallam,* beserta keluarga, sahabat, dan kaum mukminin yang mengikuti jalan dan petunjuknya. *Ammā ba‘du*.

Kami menyambut dengan antusias terbitnya buku Tafsir Tematik yang mengkhususkan kajian pada ayat-ayat kauniyah yang diusahakan oleh Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an, Badan Litbang dan Diklat, Kementerian Agama RI yang bekerjasama dengan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Buku Tafsir ayat-ayat kauniyah ini merupakan usaha yang sungguh-sungguh dari sejumlah ulama Al-Qur'an berkolaborasi dengan para ilmuwan, sarjana yang bergerak dalam ilmu-ilmu (keras). Sungguh merupakan suatu perpaduan yang ideal untuk menghasilkan pemahaman atas ayat-ayat Al-Qur'an yang sifatnya *revelation* melalui realitas duniawi yang sifatnya *observable*. Hasil kerja para ulama dan sarjana itu diharapkan dapat memenuhi kehausan kaum Muslimin atas sejumlah keingintahuan mereka mengenai pemahaman rasional terhadap wahyu yang terkait dengan fenomena kealaman.

Sebagaimana diketahui, bahwa Al-Qur'an itu tidak saja menyimpan informasi terkait dengan realitas gaib dan petunjuk jalan hidup yang baik dan benar, tetapi juga

menyimpan realitas kasat mata, yang dapat dicerna dengan pengindraan manusia dan dinalar dengan akal. Sebagai contoh, dalam konteks tertentu, perintah ibadah disertai prasyarat mengetahui ‘ilatnya yang bersifat empirik di mana dalam perintah salat dan puasa berkaitan dengan waktu yang hanya dapat diketahui melalui pengindraan atau pengamatan terhadap fenomena alam. Ini antara lain mendorong umat manusia untuk mengamati gejala alam itu supaya diketahui kapan waktu dimulai dan kapan berakhirnya suatu kewajiban harus ditunaikan. Al-Qur'an juga memberikan isyarat tertentu mengenai realitas alamiah yang sulit dicerna oleh akal manusia terutama tentang penciptaan jagat raya, penciptaan manusia, penciptaan bumi dan proses-proses yang berlangsung dan kini proses itu terus berjalan. Sekian lama para mufassir meraba-raba makna, misalnya tentang informasi ayat-ayat Qur'ani yang menyatakan bahwa penciptaan jagat raya dalam enam hari. Hingga sekarang misteri itu masih dalam “rahasia” Allah. Melalui pengetahuan naqli kaum muslimin meyakini kejadian itu, walaupun secara rasio masih belum menemukan jawabannya.

Sementara itu ilmu pengetahuan ‘aqli, berkembang dari zaman ke zaman. Para ilmuwan ‘aqli terus menerus bekerja, melalui metodologi yang dikembangkannya, melalui eksperimen, pengindraan, pengamatan dan penalaran rasio, mencoba menjawab setiap pertanyaan serta hipotesis yang dikembangkan dan muncul dalam alam pikirannya. Temuan-temuan baru dipublikasikan dan didiskusikan, dan sampai akhir abad ke-20 Masehi, telah begitu banyak capaian ilmu pengetahuan dan teori-teori dikembangkan mengenai berbagai fenomena alam. Abad ke-20 dicatat dalam sejarah sebagai abad paling produktif dalam temuan ilmu pengetahuan. Menurut catatan, 80% dari seluruh capaian ilmu pengetahuan dan tentunya juga teknologi yang ada, dihasilkan pada abad ini. Sekali temuan ilmu pengetahuan berhasil menjawab pertanyaan ilmuwan, maka pertanyaan lainnya pun muncul. Begitu seterusnya, proses itu berlangsung, sehingga sampai pada suatu titik ketika paradigma ilmu pengetahuan tertentu tidak lagi dapat menjadi wadah terhadap pertanyaan-pertanyaan yang muncul. Maka krisis ilmu pengetahuan pun terjadi. Lahirlah teori baru yang sifatnya revolusioner, mendobrak teori lama, mewadahi pertanyaan-pertanyaan baru. Begitulah, sekurang-kurangnya menurut Thomas Kuhn, seorang ahli sejarah ilmu pengetahuan abad 20. Ia membagi pertumbuhan ilmu pengetahuan menjadi dua, yang evolusioner dan yang revolusioner. Disebut evolusioner karena bertumpu pada konvensi dan paradigma yang berlaku. Sedangkan revolusioner tidak dibangun di atas paradigma yang tengah berlaku, melainkan merupakan suatu loncatan tersendiri. Teori Relativitas yang dihasilkan oleh Einstein misalnya digolongkan oleh Kuhn ke dalam revolusioner, karena tidak berangkat dari pertanyaan ilmu pengetahuan paradigma lama yang dikembangkan oleh fisikawan Newton.

Dari capaian ilmu pengetahuan dan teknologi itu maka semakin terbuka kemungkinan memahami ayat-ayat kauniyah dalam Al-Qur'an yang selama ini masih bersifat misteri. Bukan tidak mungkin, seorang saintis seperti Einstein pun, dengan penalarannya yang cemerlang, sampai pada kesimpulan yang sangat

spektakuler pada masanya, bahwa "sains tanpa agama lumpuh, dan agama tanpa sains buta". Pernyataan ini sangat populer di kalangan ulama, karena dengan ini faham saling menunjang antara agama dan sains menemukan titik jumbuh dan saling terkait yang erat antara keduanya. Sejalan dengan perkembangan ini, upaya-upaya memahami ayat-ayat kauniyah dalam Al-Qur'an dilakukan juga oleh para ulama dan saintis muslim dengan bantuan teori-teori dan temuan-temuan ilmu pengetahuan yang telah dicapai. Tetapi sebenarnya, ini bukanlah gejala baru. Sejarah peradaban Islam telah mencatat perkembangan ilmu pengetahuan yang begitu maju pada abad ke-8-9 Masehi. Para saintis ketika itu telah mencapai teori-teori yang boleh disebut revolusioner dalam berbagai lapangan sains, seperti astronomi, fisika, kimia, biologi, matematika dan juga kedokteran. Kemajuan sains di Andalusia dan Baghdad ketika itu, dicatat mampu membangkitkan pencerahan kepada bangsa-bangsa Eropa, sehingga muncullah zaman Renaissance, suatu era baru ketika mereka membangkitkan kembali peradaban lama untuk menemukan kemajuan yang baru. Ini dimungkinkan oleh jasa kemajuan sains yang telah dicapai oleh orang Islam. Tidak diingkari bahwa kemajuan ilmu pengetahuan pada era keemasan Islam itu merupakan hasil penggalian mereka atas warisan peradaban Yunani kuno dan pengembangan baru oleh mereka sendiri sebagai jawaban atas pertanyaan-pertanyaan keilmuan yang muncul setelah pembacaan itu. Peran ini bukan tidak penting. Penulis sejarah dunia Arab paling otoritatif di abad 20, Philip K. Hitti, menyatakan bahwa dunia sekarang ini akan gelap, segelap ketika bangsa Yunani kuno belum menemukan ilmu pengetahuan, seandainya orang Islam tidak menyelamatkan, menghidupkan kembali, dan mengembangkannya di abad ke 8-9 Masehi.

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa Islam telah sejak awal mengembangkan tradisi keilmuan yang memungkinkan pemahaman fenomena kealaman secara saintifik. Al-Qur'an dengan iqra'-nya telah memberikan "nada dasar" bagi pengembangan tradisi keilmuan, bukan saja yang berparadigma bayānī, tetapi juga burhānī, bahkan 'irfānī. Dengan paradigma bayānī suatu epistemologi keilmuan yang berbasis pada teks, yakni Al-Qur'an dan Sunnah, menjelaskan isinya dengan metodologinya tersendiri sehingga menghasilkan ilmu-ilmu naqli seperti fikih, tauhid, tafsir, balagah, dan sejenisnya. "Nada dasar" itu juga telah menghasilkan paradigma burhānī, suatu epistemologi yang bertumpu di atas pembuktian pada realitas empiris, yang menghasilkan ilmu-ilmu pengetahuan 'aqli, seperti fisika, astronomi, kimia kedokteran dan seterusnya. Sedangkan paradigma 'irfānī adalah keilmuan yang berbasis pada intuisi dan gnosis atau realitas spiritual batiniyah. Itulah ilmu tasawuf, baik falsafī maupun sunnī, yang mencerahi manusia dengan spiritualitas dan pengendalian hasrat nafsiyah, sehingga tidak terjerumus ke dalam kehidupan duniawi yang batil.

Pada akhirnya kami ingin mengemukakan harapan, bahwa buku yang dihasilkan dari perpaduan usaha para ulama yang keilmuannya berbasis pada paradigma bayānī dan saintis yang bertumpu pada paradigma burhānī ini dapat memberi sumbangan yang berarti bagi pemahaman

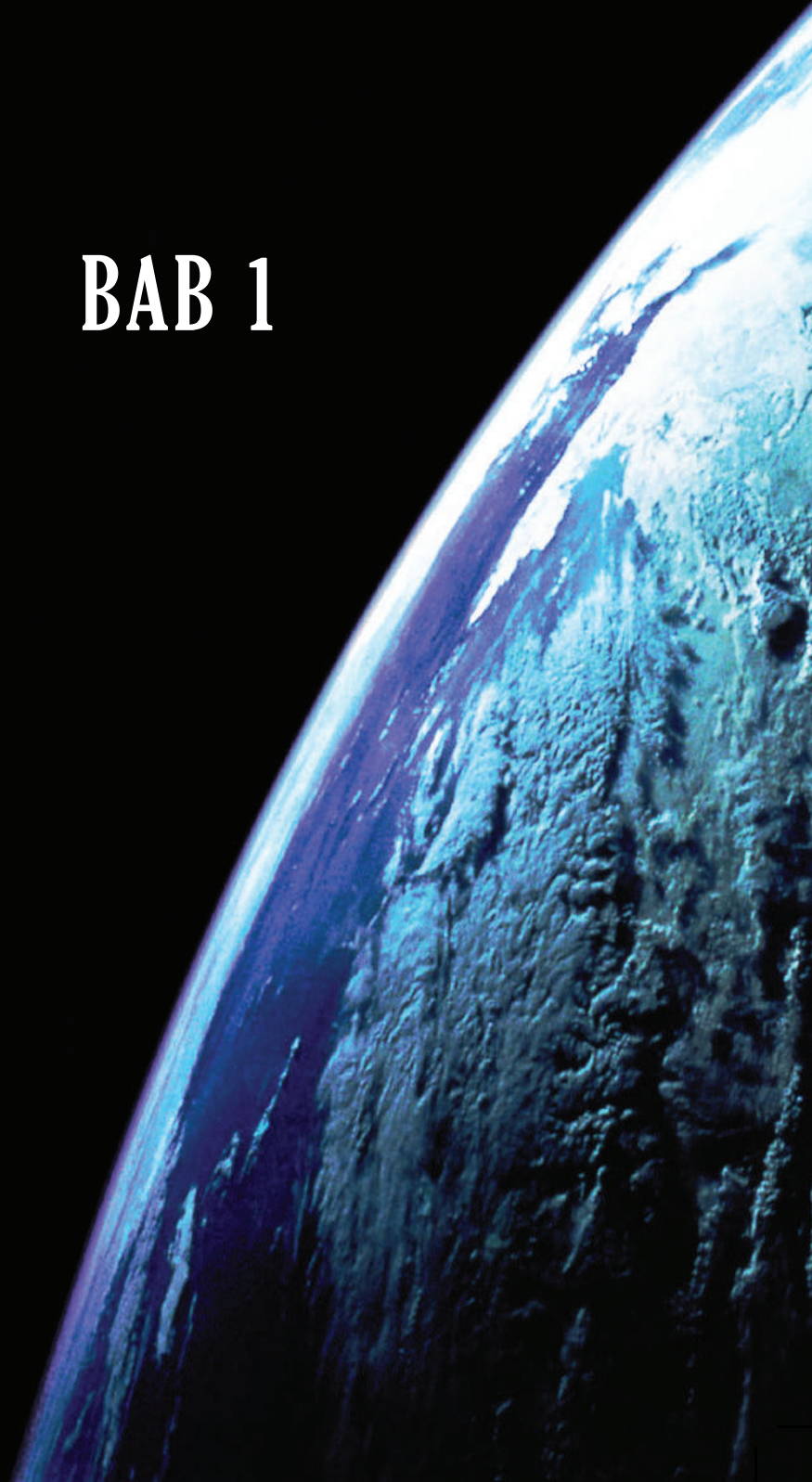
lebih dalam umat Islam pada isi kandungan Al-Qur'an. Dengan demikian, Al-Qur'an dimengerti bukan saja semata-mata sebagai sumber keyakinan tauhid, petunjuk jalan kehidupan yang benar dan akhlak yang mulia, tetapi juga memberi panduan untuk bertanya dan memberi jawaban atas pertanyaan-pertanyaan fundamental yang berkaitan dengan dunia sains. Semoga Allah meridhai usaha ini.

Pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada Kepala Badan Litbang dan Diklat Kementerian Agama RI dan Kepala Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur’an, Badan Litbang dan Diklat, Kementerian Agama RI yang telah mengambil inisatif dan mengajak bekerjama dalam pentafsiran. Ucapan terimakasih juga kami sampaikan kepada seluruh Tim Pelaksana yang terdiri dari Prof. Dr. H. Umar Anggara Jenie, Apt. M. Sc, Dr. H. Ahsin Sakho Muhammad, MA, Dr. H. Mudji Raharto, Prof. Dr. H. Sumanto Imam Hasani, Prof. Dr. H. Hery Harjono, Dr. H. Muchlis M. Hanafi, MA., Dr. H. Muhammad Hisyam, Prof. Dr. Arie Budiman, Prof. Dr. Syamsul Farid Ruskanda, Prof. Dr. Hamdani Anwar, Prof. Dr. H. Salim Umar, MA., Prof. Dr. Sibli Sardjaja, LML., Ir. Hoemam Rozie Sahil, Dr. M. Rahman Djuwansyah, Dr. Thomas Djamaluddin, Ir. Dudi Hidayat, MSc., Abdul Aziz Sidqi, M.Ag. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada staf Sekretariat yang terdiri dari Dra. Hj. Endang Tjempakasari, M.Lib., Muhammad Musadad, S.Th.I., dan Zarkasi, MA. Tidak lupa kami berterima kasih kepada Prof. Dr. Suharsono dan Dr. Sigit AP Dwiono yang memberikan masukan berharga tentang sumber daya laut.

*Wallāhu A‘lam biṣ-ṣawāb.*
Jakarta, 11 Juni 2010.

LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA

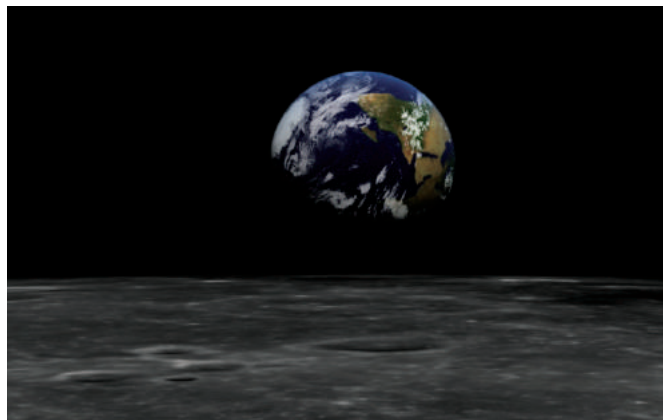
**Prof. Dr. Umar Anggara Jenie, Apt., MSc.**
NIP: 19500822 197603 1 002

# BAB 1

# PENDAHULUAN

Bumi yang kita tempati adalah sebuah planet yang istimewa dari sekian banyak planet yang ada di ruang angkasa. Jika dilihat dari luar angkasa, bumi tampak sangat berbeda dibanding benda-benda langit lainnya, karena pantulan warna biru yang dominan. Warna biru tersebut terpantul dari bumi karena sebagian besar permukaannya tertutup air, dalam bentuk laut dan samudra.

Adanya air di bumi adalah salah satu "keajaiban" di alam ini. Sebab, di planet-planet lain tidak terdapat air. Kalaupun ada, sangat sedikit dibanding melimpahnya air di bumi atau bukan dalam bentuk cair. Dengan air melimpah, berbagai proses di bumi dapat berlangsung, termasuk proses kehidupan berbagai jenis makhluk hayati.

Air merupakan zat yang luar biasa hebat karena sifat-sifatnya yang memungkinkan bereaksi dan berinteraksi, baik secara fisik maupun secara kimia, dengan benda-benda lain. Interaksi air dengan mineral-mineral serta zat-zat lainnya seperti tanah, batu, udara dan yang lainnya menghasilkan makhluk hidup untuk kemudian tumbuh dan berkembang. Di dalamnya pun terjadi proses-proses metabolisme. Dan semua ini merupakan sebab bagi terjadinya keajaiban-keajaiban selanjutnya.

**Gambar 1-1:** Citra bumi dilihat dari satelit (Sumber NASA, dari Steffen dkk, 2004).

Meski begitu banyak keajaiban dalam kehidupan sehari-hari, namun sedikit sekali manusia yang memperhatikan bumi dan sekelilingnya. Keberadaan air melimpah yang digunakan sehari-hari justru jarang mengusik kita untuk bertanya tentang keberadaannya. Jarang pula disadari bahwa kita berada di atas sebuah bola yang sangat besar, yang selalu berputar pada sumbunya dengan kecepatan yang tinggi sekali, hampir tiga kali kecepatan pesawat jet.

Lebih sedikit lagi yang bertanya mengapa kita tidak terpelanting atau terlempar keluar ke angkasa. Apalagi yang bertanya mengapa bisa timbul tenaga yang memutar bumi secara terus-menerus, baik perputaran bumi pada sumbunya (rotasi) yang menimbulkan adanya siang dan malam, maupun perputaran bumi mengelilingi matahari (evolusi). Hal ini telah berlangsung jutaan tahun atau bahkan ratusan juta tahun. Mengapa pula kita setiap hari dapat melenggang di bumi tanpa berpegangan, dan sedikit pun tidak ada perasaan khawatir apalagi takut. Mengapa air yang digunakan untuk berwudlu tidak bergerak mengikuti gerakan bumi yang berputar? Juga sangat sedikit yang mengingat Sang Maha Pencipta, apalagi bertanya bagaimana bumi ini terbentuk?

Allah berfirman,

الَّذِيْ جَعَلَ لَكُمُ الْاَرْضَ فِرَاشًا وَّالسَّمَاۤءَ بِنَاۤءً ۖ وَّاَنْزَلَ مِنَ السَّمَاۤءِ مَاۤءً فَاَخْرَجَ بِهٖ مِنَ الثَّمَرٰتِ رِزْقًا لَّكُمْ ۚ فَلَا تَجْعَلُوْا لِلّٰهِ اَنْدَادًا وَّاَنْتُمْ تَعْلَمُوْنَ

*(Dialah) yang menjadikan bumi sebagai hamparan bagimu dan langit sebagai atap, dan Dialah yang menurunkan air (hujan) dari langit, lalu Dia hasilkan dengan (hujan) itu buah-buahan sebagai rezeki untukmu. Karena itu janganlah kamu mengadakan tandingan-tandingan bagi Allah, padahal kamu mengetahui.* (al-Baqarah/2: 22)

*Firāsyan* (terhampar seperti hamparan kasur atau karpet). Berasal dari kata kerja *farasya -- yafrusyu-farsyan -- wa firāsyan* yang berarti membentangkan atau menghamparkan. Pada ayat di atas diungkapan dengan kalimat, *yang menjadikan bumi sebagai hamparan bagimu.* Maksudnya, meski bumi bundar seperti bola, tetapi bola yang sangat besar dibanding ukuran manusia, sehingga permukaannya seperti hamparan yaitu bidang yang datar dan luas sekali. Manusia pun merasa aman dan nyaman berjalan di permukaannya, bekerja dengan tenang, dan menjalakan segala aktivitasnya dengan nyaman.

## A. Kesempurnaan Kerajaan Allah

Bumi dan langit dengan segala isinya adalah kerajaan atau kekuasaan Allah yang sangat baik, tertib, teratur, dan sempurna. Tiada cacat sedikit pun di dalamnya. Makhluk dengan beragam jenis dan jumlahnya, semua tunduk kepada-Nya. Semua memperoleh makanannya serta dapat hidup dengan tertib, harmonis, berkesinambungan secara terukur dan tepat. Allah berfirman,

تَبٰرَكَ الَّذِيْ بِيَدِهِ الْمُلْكُ ۖ وَهُوَ عَلٰى كُلِّ شَيْءٍ قَدِيْرٌ ۙ ﴿١﴾ الَّذِيْ خَلَقَ الْمَوْتَ وَالْحَيٰوةَ لِيَبْلُوَكُمْ اَيُّكُمْ اَحْسَنُ عَمَلًا ۗ وَهُوَ الْعَزِيْزُ الْغَفُوْرُ ۙ ﴿٢﴾ الَّذِيْ خَلَقَ سَبْعَ سَمٰوٰتٍ طِبَاقًا ۗ مَا تَرٰى فِيْ خَلْقِ الرَّحْمٰنِ مِنْ تَفٰوُتٍ ۗ فَارْجِعِ

الْبَصَرَ هَلْ تَرٰى مِنْ فُطُوْرٍ ﴿٣﴾ ثُمَّ ارْجِعِ الْبَصَرَ كَرَّتَيْنِ
يَنْقَلِبْ اِلَيْكَ الْبَصَرُ خَاسِئًا وَّهُوَ حَسِيْرٌ ﴿٤﴾ وَلَقَدْ
زَيَّنَّا السَّمَاۤءَ الدُّنْيَا بِمَصَابِيْحَ وَجَعَلْنٰهَا رُجُوْمًا
لِّلشَّيٰطِيْنِ وَاَعْتَدْنَا لَهُمْ عَذَابَ السَّعِيْرِ ﴿٥﴾

*Mahasuci Allah yang menguasai (segala) kerajaan, dan Dia Mahakuasa atas segala sesuatu. Yang menciptakan mati dan hidup, untuk menguji kamu, siapa di antara kamu yang lebih baik amalnya. Dan Dia Mahaperkasa, Maha Pengampun. Yang menciptakan tujuh langit berlapis-lapis. Tidak akan kamu lihat sesuatu yang tidak seimbang pada ciptaan Tuhan Yang Maha Pengasih. Maka lihatlah sekali lagi, adakah kamu lihat sesuatu yang cacat? Kemudian ulangi pandangan(mu) sekali lagi (dan) sekali lagi, niscaya pandanganmu akan kembali kepadamu tanpa menemukan cacat dan ia (pandanganmu) dalam keadaan letih. Dan sungguh, telah Kami hiasi langit yang dekat, dengan bintang-bintang dan Kami jadikannya (bintang-bintang itu) sebagai alat-alat pelempar setan, dan Kami sediakan bagi mereka azab neraka yang menyala-nyala.* (al-Mulk 67: 1-5)

# TAFSIR

AYAT PERTAMA menerangkan bahwa Allah Mahasuci, yang melimpahkan berkah, nikmat, dan manfaat kepada semua makhluk-Nya, adalah Penguasa kerajaan dunia dengan segala isinya dan Penguasa kerajaan akhirat. Allah Mahakuasa atas segala sesuatu, baik yang terlihat maupun tidak, di dunia maupun di akhirat.

Allah Penguasa alam jagat raya. Dialah Pencipta alam dengan segala isinya. Dia Pengembang, Pemelihara, dan Penjaga kelangsungan alam. Dia Pengatur, Pengurus, dan Penguasa segala yang ada, sesuai yang dikehendaki-Nya. Dalam mengatur, mengurus dan mengembangkan kelangsungan alam, Allah menetapkan hukum-hukum dan ketentuan yang dibuat-Nya sendiri,

***al-Mulk* (al-Mulk 67:1)**

*al-Mulk* artinya kerajaan. Berasal dari kata kerja: *malaka yamliku mulkan*, *malakah, mamlakah*, artinya memiliki, menguasai, memerintah. *al-Mālik* artinya raja atau yang menguasai dan memiliki kerajaan. Kerajaan Allah yaitu alam raya dengan segala isinya. Semua ciptaan Allah, milik-Nya dan dikuasai-Nya, baik dunia maupun akhirat, baik alam *syahādah* (dapat diindera) maupun *gaib* (tidak dapat diindera). Manusia, dalam hidupnya di dunia dan kematiannya di akhirat kelak, semua berjalan sesuai kehendak dan ketentuan-Nya. Demikian pula semua yang ada di alam, berlangsung atas kehendak dan kekuasaan-Nya.

***Fuṭūr* (al-Mulk 67:3)**

*Fuṭūr,* bentuk *masdar* dari kata kerja *faṭara yafṭuru faṭran* atau *fiṭratan*, artinya: menciptakan, membelah, berbuka puasa, makan pagi, merobek. Dalam ayat ini, *fuṭūr* berarti robek atau cacat. Ungkapan هل ترى من فطور artinya: *Adakah kamu lihat sesuatu yang cacat?* Dalam Ilmu Balagah, istifham atau pertanyaan ini berfungsi للنفي, menunjuk makna negasi atau tidak ada. Jadi, maksud ayat tersebut adalah kamu tidak akan melihat sesuatu yang cacat dalam ciptaan alam ini, karena memang tidak ada yang cacat.

sesuai kekuasaan-Nya. Tidak ada makhluk yang dapat menolak atau menghindarinya. Apa dan siapa yang tidak tunduk dan patuh pada ketentuan-Nya atau mengingkari hukum dan peraturan-peraturan-Nya, pasti akan celaka dan binasa.

Ayat ketiga menjelaskan bahwa Allah telah mencipta langit dengan seluruh lapisan dan tingkatannya. Semuanya "terapung", namun tetap pada posisinya. Allah berfirman,

خَلَقَ السَّمٰوٰتِ بِغَيْرِ عَمَدٍ تَرَوْنَهَا وَاَلْقٰى فِى الْاَرْضِ رَوَاسِيَ اَنْ تَمِيْدَ بِكُمْ وَبَثَّ فِيْهَا مِنْ كُلِّ دَاۤبَّةٍ

*Dia menciptakan langit tanpa tiang sebagaimana kamu melihatnya, dan Dia meletakkan gunung-gunung (di permukaan) bumi agar ia (bumi) tidak menggoyangkan kamu; dan memperkembangbiakkan segala macam jenis makhluk bergerak yang bernyawa di bumi."*
(Luqmān/31: 10)

Tujuh langit berlapis-lapis atau bertingkat tingkat jangan dipahami adanya lapisan-lapisan langit. Tujuh langit bermakna jumlah yang sangat banyak, tak terhingga, benda-benda langit di jagat raya. Berlapis-lapis atau bertingkat-tingkat bermakna jaraknya berbeda-beda, ada yang dekat dan ada yang jauh. Langit yang dekat bermakna masih di lingkungan bumi dan tata surya, termasuk di atmosfer bumi. Di atmosfer ada juga fenomena langit seperti meteor, seperti dijelaskan di ayat 5. Langit walau bertingkat-tingkat sangat tinggi, tidak ada penopang yang mencegahnya jatuh ke bumi. Tampaknya sederhana, tetapi Allah menunjukkan kekuasaannya yang luar biasa. Allah menggerakkan benda-benda langit dengan gaya gravitasi dimana benda-benda langit terus mengorbit benda induknya dengan sempurna.

Dijelaskan juga bahwa tiada ciptaan Allah yang tidak seimbang. Alam tercipta dengan sangat baik dan sempurna. Allah menyuruh kita untuk terus melihat dan memperhatikannya. Sebanyak apa pun kita mengamati dan meneliti, tidak akan ditemukan cacat pada jagat raya ciptaan-Nya.

Ayat keempat mempertegas perintah untuk mengamati dan meneliti alam raya. Hasilnya pasti akan sama, tidak ada cacat sedikit pun pada jagat raya ciptaan-Nya. Bahkan, Allah menegaskan bahwa kita akan lelah sendiri dan tidak akan menemukan cacat pada kerajaan Allah yang luas, besar, dan sempurna. Wajar memang, karena jagat raya dicipta dan diatur oleh Allah sendiri. Maka sudah semestinya semua makhluk tunduk dan patuh pada ketentuan-Nya.

Ketentuan Allah terbagi dua: *pertama,* disebut *sunnatullāh,* yaitu hukum dan ketentuan Allah yang berlaku pada seluruh alam dan makhluk-Nya sering disebut juga dengan hukum alam. Semua makhluk, baik manusia, binatang, tumbuhan, dan benda anorganik, tunduk dan patuh pada hukum alam yang telah ditetapkan-Nya. *Kedua*, agama, yaitu hukum dan ketentuan Allah bagi manusia yang mengharapkan kebahagiaan dunia dan akhirat. Jika pada hukum alam atau *sunnatullāh* semua makhluk tidak ada pilihan kecuali harus tunduk dan patuh, maka pada agama yang hanya diperuntukkan bagi manusia, manusia dapat memilih untuk taat atau tidak. Mereka yang taat akan memperoleh kebahagiaan dunia dan akhirat, dan yang tidak, akan mendapatkan akibat di dunia dan akhirat.

Setelah menerangkan kesempurnaan ciptaan Allah, ayat kelima menjelaskan bahwa jagat raya kokoh, kuat, dan diperindah dengan bintang-bintang gemerlap. Langit terdekat bumi dihiasi matahari yang bersinar terang di siang hari, dan bulan serta bintang-bintang yang bercahaya indah di malam hari.

Langit terdekat tampaknya menggambarkan bintang-bintang dan planet yang dekat sehingga tampak cemerlang. Bintang yang jauh tak akan tampak karena redupnya. Fenomena langit di atmosfer bumi digambarkan sebagai bintang pelontar setan. Dalam bahasa sains itu dikenal sebagai meteor. “Pelontar setan” hanyalah ungkapan perlambang, bukan ungkapan fisik. Meteor tampak seperti api yang meluncur, seolah mengejar setan yang disebut di dalam Al-Quran terbuat dari api. Memang ada hadis yang mengungkapkan adanya setan yang mendengar berita langit, tetapi langit dalam hal ini jangan dipahami langit fisik, karena jin dan syaitan bukan makhluk fisik.

Karena bintang terang tampak seperti tersusun dalam bentuk rasi-rasi bintang yang tampak tetap setiap musim, maka bintang juga menjadi sarana penghitungan musim dan penetapan waktu tanam beragam tumbuhan. Bintang juga menjadi penunjuk jalan dan posisi bagi orang-orang yang berlayar di tengah lautan, juga petunjuk ke mana arah yang benar untuk mencapai tujuan-tujuan. Pada hakikatnya penggunaan rasi bintang sebagai penanda musim dan arah terkait dengan evolusi bumi mengitari matahari yang secara fisik terkait dengan musim. Sedangkan arah bisa dipastikan karena bintang-bintang itu sangat jauh serta rotasi bumi dan evolusi bumi mengitari matahari bersifat tetap sehingga orientasi rasi-rasi yang sudah dikenal sebagai penentu arah tidak berubah walaupun kita berpindah tempat selama dalam perjalanan atau pelayaran.

وَعَلٰمٰتٍۗ وَبِالنَّجْمِ هُمْ يَهْتَدُوْنَ

*dan (Dia menciptakan) tanda-tanda (penunjuk jalan). Dan dengan bintang-bintang mereka mendapat petunjuk.* (an-Naḥl/16: 16)

## B. Yang Berakal Yang Memahami Kesempurnaan Ciptaan Allah.

Tidak banyak yang memperhatikan dan merenungkan kesempurnaan ciptaan Allah, seperti langit, bumi, dan segala isinya. Allah berfirman,

اِنَّ فِيْ خَلْقِ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ وَاخْتِلَافِ
الَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَاٰيٰتٍ لِّاُولِى الْاَلْبَابِۙ ﴿١٩٠﴾
الَّذِيْنَ يَذْكُرُوْنَ اللّٰهَ قِيَامًا وَّقُعُوْدًا وَّعَلٰى
جُنُوْبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُوْنَ فِيْ خَلْقِ السَّمٰوٰتِ
وَالْاَرْضِۚ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هٰذَا بَاطِلًاۚ سُبْحٰنَكَ
فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

*Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal, (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk atau dalam keadaan berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), “Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia; Mahasuci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka.*
(Āli ‘Imrān/3: 190-191.)

# TAFSIR

***Ulil-Albāb* (Āli 'Imrān/3: 190)**

*Ulil-Albāb* berarti orang-orang yang berakal. Gabungan dari dua kata, yaitu *Ulī* dan *al-Albāb. Ulī* adalah bentuk jamak yang artinya sama dengan *żawī* yang berarti memiliki. Sedang *al-Albāb* bentuk jamak dari *lubb*, artinya saripati atau intisari. Jadi secara bahasa, *Ulil-Albāb* berarti orang-orang yang memiliki saripati yang paling istimewa pada diri manusia, yaitu akal atau rasio. Maka, *Ulil-Albāb* berarti orang-orang yang memiliki rasio atau akal yang baik, sehat, dan berfungsi sempurna, seperti mampu memahami dan memecahkan problem kehidupan, memperkirakan dan memprediksi keadaan dalam berbagai situasi, menciptakan ide-ide baru untuk memperbaiki dan mengatasi persoalan dan lain- lain yang diperlukan manusia, baik dalam kehidupan individu maupun sosial. *Ulil-Albāb* adalah orang yang betul-betul mampu menggunakan akal dan pikirannya untuk memahami fenomena alam sehingga dapat memahami sampai pada bukti-bukti tentang keesaan dan kekuasaan Sang Maha Pencipta.

AYAT 190 SURAH ĀLI 'IMRĀN mengajak manusia untuk memikirkan bagaimana penciptaan langit dan bumi, bagaimana kejadiannya sungguh merupakan peristiwa yang sangat menakjubkan. Allah juga memerintahkan kita untuk memikirkan peristiwa pergantian siang dan malam, apa manfaat yang dapat diperoleh, serta bagaimana kita harus bersikap dan berbuat. Semua itu merupakan fenomena alam serta tanda-tanda kekuasaan dan kebesaran-Nya.

Tanda-tanda kekuasaan dan kebesaran Allah hanya dapat dipahami oleh orang-orang yang berakal. Siapakah orang yang berakal? Pertanyaan yang layak diajukan mengingat sedemikian banyaknya orang yang tidak mampu mempergunakan akalnya. Betapa sedikit orang yang mempunyai pengetahuan tentang rahasia langit, kandungan bumi, serta manfaat siang dan malam.

Dalam sebuah riwayat dari 'Aisyah dijelaskan bahwa suatu waktu, selepas melakukan salat malam, Nabi Muhammad duduk memuji Allah, bertasbih sambil menangis, hingga air matanya membasahi tanah. Bilal datang untuk mengumandangkan azan subuh dan melihat Nabi menangis, Bilal bertanya,"Wahai Rasulullah, mengapa engkau menangis?" Nabi menjawab, "Apakah saya ini bukan hamba yang pantas bersyukur kepada Allah? Bagaimana saya tidak menangis pada malam ini, Allah telah menurunkan ayat kepadaku....." Kemudian Nabi membaca ayat yang baru saja diterima, lalu berkata: "Alangkah rugi dan celaka orang-orang yang membaca ayat ini tetapi tidak memikirkan dan menerapkan kandungan isinya."

Terlihat betapa Nabi sangat khawatir akan banyaknya orang Islam yang tidak dapat memahami ayat ini. Ayat yang mengajak manusia untuk bersyukur atas anugerah Allah yang telah diberikan,

berupa potensi akal untuk mengolah dan mengambil manfaat dari kekayaan alam, sambil tetap beriman dan taat pada ketentuan Allah.

Ayat 191 Surah Āli 'Imrān menjelaskan ciri-ciri orang yang berakal. Yaitu mereka yang selalu ingat Allah, serta berusaha mengikuti petunjuk-petunjuk-Nya, baik ketika berdiri, berjalan, dan melaksanakan segala aktivitasnya, maupun ketika duduk, bahkan ketika beristirahat tidur-tiduran dan sedang tidak melaksanakan kegiatan apa-apa. Juga selalu memikirkan rahasia penciptaan alam, yaitu langit, bumi, dan segala isinya, sehingga mengetahui sifat-sifat dan manfaat langit yang luas, kandungan dan kekayaan bumi, baik daratan maupun lautan, serta bagaimana memanfaatkannya dan tidak membuat kerusakan di alam ini.

Kajian mendalam tentang semua ini akan bermuara pada simpulan bahwa semua ciptaan Allah tidak sia-sia, semua bermanfaat bagi manusia, ada guna dan faedahnya. Akhirnya timbul dari jiwa terdalam pengakuaan tulus akan Kemahasucian Sang Pencipta: "*Alhamdulillah,* kami dapat memahami semua ini. Jika tidak, banyak salah yang diperbuat dalam memperlakukan alam ini. Ya Allah jagalah kami dari kebodohan dan kedurhakaan tentang ini semua yang dapat mengakibatkan kami terjerumus ke dalam api neraka."

Ketidaktahuan akan kandungan dan kekayaan bumi saja dapat menyebabkan pengelolaan bumi yang salah. Akibatnya, timbul kerusakan dan penderitaan hidup. Membuat kerusakan di bumi adalah dosa besar karena merugikan banyak manusia, dan wajar apabila dihukum masuk neraka.

Indikator orang berakal adalah yang memiliki landasan iman, selalu ingat ketentuan Allah, dan memikirkan alam ciptaan-Nya. Ungkapan 'Alī bin Abī Ṭhalib yang sangat terkenal dan diingat banyak orang: "Ilmu berjaya melalui iman."

Dengan demikian pada dasarnya, seperti ungkapan Guiderdoni (2004) seorang ahli astrofisika muslim berkebangsaan Prancis, eksplorasi ataupun penjelajahan di dunia amat dianjurkan sejauh sang penjelajah cukup bijak untuk mengakui bahwa keselarasan yang ada di jagat raya bersumber pada Tuhan. Dengan menatap kosmos, intelegensi yang diberikan Tuhan dalam diri kita akan terus menerus bertemu dengan intelegensi yang dipergunakan Tuhan dalam menciptakan benda-benda.

Ciptaan Allah tidak ada yang sia-sia. Seluruh komponen jagat raya berinteraksi satu dengan lainnya dengan ketertataan yang sempurna (harmonis sekali) dan sangat terukur (al-Ḥijr/15: 21, hal. 10). Allah telah menciptakan alam beserta isinya dalam keadaan seimbang, indah, dan bermanfaat (al-Mulk/67: 3-4). Dan manusia boleh menikmati dan memanfaatkannya, tetapi tidak boleh merusak.

Alam disediakan bukan hanya untuk generasi kita, tapi juga generasi-generasi seterusnya. Untuk itu, kita dilarang membuat kerusakan di bumi. Allah berfirman,

وَابْتَغِ فِيْمَآ اٰتٰىكَ اللّٰهُ الدَّارَ الْاٰخِرَةَ وَلَا تَنْسَ نَصِيْبَكَ مِنَ الدُّنْيَا وَاَحْسِنْ كَمَآ اَحْسَنَ اللّٰهُ اِلَيْكَ وَلَا تَبْغِ الْفَسَادَ فِى الْاَرْضِ ۗاِنَّ اللّٰهَ لَا يُحِبُّ الْمُفْسِدِيْنَ

*Dan carilah (pahala) negeri akhirat dengan apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu, tetapi janganlah kamu lupakan bagianmu di dunia dan berbuatbaiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik kepadamu, dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi. Sungguh, Allah tidak menyukai orang yang berbuat kerusakan.*
(al-Qaṣaṣ/28 :77)

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ اَيْدِى النَّاسِ لِيُذِيْقَهُمْ بَعْضَ الَّذِيْ عَمِلُوْا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُوْنَ

*Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena karena perbuatan tangan manusia; Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).*( Ar-Rūm/30:41)

Peringatan Allah dalam Surah al-Qaṣaṣ/28:27 dan Ar-Rūm/30:41 untuk tidak berbuat kerusakan di bumi, kerusakan tersebut pada gilirannya akan akan berbalik kepada keberadaan manusia sendiri. Banyak contoh bagaimana kerusakan yang diakibatkan oleh ulah manusia yang kemudian berbalik menjadi bencana. Penggundulan hutan yang menyebabkan terjadinya banjir bandang dan longsoran di beberapa tempat di Indonesia adalah salah satu contoh. Atau contoh aktual yang terkait dengan peningkatan gas rumah kaca (GRK) akibat aktivitas manusia yang begitu banyak menggunakan energi fosil maupun akibat degradasi hutan diduga telah menjadi salah satu penyebab terjadinya pemanasan global. Seiring dengan semakin parahnya kerusakan di bumi, kesadaran manusia mulai meningkat demi menyelamatkan bumi dari kehancuran melalui kerjasama global yang melibatkan hampir seluruh negara.

## C. Harmoni Ciptaan Allah

Semua ciptaan Allah, dalam ragam jenis dan jumlahnya, senantiasa berinteraksi dengan baik dan harmonis, terukur dan berkesinambungan. Allah berfirman,

وَاِنْ مِّنْ شَيْءٍ اِلَّا عِنْدَنَا خَزَاۤىِٕنُهٗ وَمَا نُنَزِّلُهٗٓ اِلَّا بِقَدَرٍ مَّعْلُوْمٍ ﴿٢١﴾ وَاَرْسَلْنَا الرِّيٰحَ لَوَاقِحَ فَاَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاۤءِ مَاۤءً فَاَسْقَيْنٰكُمُوْهُۚ وَمَآ اَنْتُمْ لَهٗ بِخٰزِنِيْنَ ﴿٢٢﴾

*Dan tidak ada sesuatu pun, melainkan pada sisi Kamilah khazanahnya. Kami tidak menurunkannya melainkan dengan ukuran tertentu. Dan Kami telah meniupkan angin untuk mengawinkan dan Kami turunkan hujan dari langit, lalu Kami beri minum kamu dengan (air) itu, dan bukanlah kamu yang menyimpannya.*
(al-Ḥijr/15: 21-22)

# TAFSIR

AYAT 21 SURAH AL-ḤIJR menjelaskan bahwa segala sesuatu yang ada di alam ini, di langit dan di bumi, adalah ciptaan Allah. Semua tercakup dalam *khazanah* atau simpanan perbendaharaan Allah. Semua diciptakan dan diturunkan dengan kadar tertentu sesuai kebutuhan dan keperluannya. Kebutuhan dan keperluan siapa? Kebutuhan alam, termasuk kebutuhan dan keperluan manusia yang diberi tugas untuk mengelolanya.

Ciptaan Allah telah ditetapkan sesuai kehendak dan kebijaksanaan-Nya secara terukur. Hujan misalnya, Allah

menurunkannya dengan ukuran yang tepat sebagaimana dijelaskan dalam firman-Nya,

وَاَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاۤءِ مَاۤءًۢ بِقَدَرٍ فَاَسْكَنّٰهُ فِى الْاَرْضِۖ
وَاِنَّا عَلٰى ذَهَابٍۢ بِهٖ لَقٰدِرُوْنَ

*Dan Kami turunkan air dari langit dengan suatu ukuran; lalu Kami jadikan air itu menetap di bumi, dan pasti Kami berkuasa melenyapkannya.* (al-Mu'minūn/23:18)

Ayat 22 Surah al-Ḥijr menjelaskan bahwa di antara nikmat yang ada pada *khazanah* Allah adalah air, angin, pembuahan, dan lain-lain. Allah menghembuskan angin di permukaan bumi dan menciptakan pembuahan bagi tumbuh-tumbuhan dengan menyirami serbuk sari yang dibawa angin yang sampai pada putik bunga lainnya sehingga terjadilah pembuahan pada bunga itu. Angin juga membawa awan dari satu tempat ke tempat lain sehingga terjadi hujan pada berbagai permukaan bumi untuk memenuhi kebutuhan manusia, hewan, dan tumbuh-tumbuhan, serta agar air itu dapat dimanfaatkan dalam beberapa waktu lamanya. Sebagian dari air itupun ada yang tersimpan di bumi, meski bukan karena manusia yang menyimpannya.

Tumbuh-tumbuhan pun tumbuh untuk memenuhi kebutuhan manusia. Segalanya tumbuh dan berlangsung secara terukur. Allah berfirman,

وَالْاَرْضَ مَدَدْنٰهَا وَاَلْقَيْنَا فِيْهَا رَوَاسِيَ وَاَنْۢبَتْنَا
فِيْهَا مِنْ كُلِّ شَيْءٍ مَّوْزُوْنٍ

*Dan Kami telah menghamparkan bumi dan Kami pancangkan padanya gunung-gunung serta Kami tumbuhkan di sana segala sesuatu menurut ukuran* (al-Ḥijr 15:19)

Jadi, semua ciptaan Allah selalu berinteraksi secara harmonis. Semua terjadi secara terukur dan dalam keadaan seimbang. Semua menunjukkan keteraturan dan kesempurnaan ciptaan Allah, tanpa

**_Biqadarin ma‘lūm_ (al-Ḥijr/15: 21)**

*Biqadarin ma‘lūm* berarti dengan ukuran tertentu. Berasal dari kata kerja, *qadara-yaqdiru-qudratan wa maqdiratan*, yang berarti dapat atau mampu. Sedangkan *qaddara yuqoddiru taqdīran wa qadaran* artinya mengukur atau menentukan. Jadi *biqadarin* artinya dengan ukuran. Sedang kata *ma‘lūm* ialah isim maf‘ul dari kata kerja*‘alima-ya‘lamu-‘ilman* yang berarti diketahui atau ditentukan. *Kami tidak menurunkan segala sesuatu itu kecuali dengan ukuran tertentu*, berarti Allah telah menurunkan dan menciptakan segala sesuatu secara terukur, tidak kurang dan tidak berlebihan.

**_Lawāqiḥa_ (al-Ḥijr 15:22)**

*Lawāqiḥa* adalah bentuk jamak dari *lāqiḥ, isim fā‘il* yang berarti membuahi. Dalam ayat ini, pembuahan pada tumbuh-tumbuhan terjadi karena serbuk sari satu bunga diterbangkan angin hingga hinggap pada putik bunga lainnya. Terjadilah pembuahan pada bunga tersebut. Selain mengawinkan bunga-bunga tumbuhan dengan cara mempertemukan putik bunga dengan serbuk sari, angin juga mempertemukan awan hingga menggumpal menjadi awan tebal, kemudian menjadi hujan untuk memenuhi kebutuhan manusia dan untuk menyuburkan bumi.

- *keterangan lebih lanjut dapat dilihat pada buku Penciptaan Manusia dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*

ada cacat sedikit pun. Semua ciptaan Allah memang terukur dan semua berlangsung dengan tepat penuh keharmonisan. Semakin sering diamati dan diteliti, semakin jelas bahwa tidak ada kecacatan atau ketidakteraturan. Keterukuran dan keteraturan dapat diamati di alam. Sebagai contoh, gunung-gunung yang terpancang mengikuti kaidah kesetimbang hidrostatik yang sering disebut sebagai isostasi, dimana bila menurut teori Airy ketinggian gunung (beban ketinggian) akan dikompensasikan oleh akar yang menghujam dalam bumi (Turcotte dan Schubert, 1982). Semakin tinggi gunung maka akar semakin dalam dan menjadikan stabil atau tidak goncang. Gambar 1-2 memperlihatkan batuan basalt di Irlandia Utara. Batuan tersebut berasal dari magma yang keluar ke permukaan bumi untuk kemudian membeku dan membentuk struktur *columnar join*. (Webster's online dictionary), sedangkan gambar 1-3 struktur fenomena ini sebagamana tersirat dalam Surah al-Mulk/68:3-4 dan al-Ḥijr 15:21

Demikianlah, ciptaan Allah berupa langit, bumi, dan segala isinya betul-betul baik dan sempurna, tiada kekurangan atau cacat di dalamnya. Mahasuci Allah dan Mahakuasa atas segala sesuatu.

**Gambar 1-2:** Lava basalt di Irlandia Utara yang membentuk struktur columnar join yang sangat ideal, seperti pilar-pilar beton. Struktur yang sangat teratur itu dijumpai pada lava yang berasal dari magma (Webster's online dictionary)

**Gambar 1-3:** Lava basalt di Karangsambung, Kebumen (Kampus Geologi Lapangan, UPT Loka dimana tampak struktur columnar join. Sayang keadaannya sudah rusak akibat kegiatan penambangan batu
(Sumber: Munasri)

## D. Bumi, Tempat Kehidupan Yang Nyaman

Bumi adalah tempat tinggal manusia dan beragam makhluk lainnya. Baik benda organik, seperti binatang dan tumbuh-tumbuhan, maupun anorganik (*jamādāt*) seperti benda-benda padat, cair, dan gas, semua berada di bumi sebagai tempat tinggal dan kehidupan yang nyaman. Allah berfirman,

هُوَ الَّذِيْٓ اَنْزَلَ مِنَ السَّمَاۤءِ مَاۤءً لَّكُمْ مِّنْهُ شَرَابٌ وَّمِنْهُ شَجَرٌ فِيْهِ تُسِيْمُوْنَ ١٠ يُنْۢبِتُ لَكُمْ بِهِ الزَّرْعَ وَالزَّيْتُوْنَ وَالنَّخِيْلَ وَالْاَعْنَابَ وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرٰتِۗ اِنَّ فِيْ ذٰلِكَ لَاٰيَةً لِّقَوْمٍ يَّتَفَكَّرُوْنَ ١١ وَسَخَّرَ لَكُمُ الَّيْلَ وَالنَّهَارَۙ وَالشَّمْسَ وَالْقَمَرَۗ وَالنُّجُوْمُ مُسَخَّرٰتٌۢ بِاَمْرِهٖۗ اِنَّ فِيْ ذٰلِكَ لَاٰيٰتٍ لِّقَوْمٍ يَّعْقِلُوْنَۙ ١٢ وَمَا ذَرَاَ لَكُمْ فِى الْاَرْضِ مُخْتَلِفًا اَلْوَانُهٗۗ اِنَّ فِيْ ذٰلِكَ لَاٰيَةً لِّقَوْمٍ يَّذَّكَّرُوْنَ ١٣ وَهُوَ الَّذِيْ سَخَّرَ الْبَحْرَ لِتَأْكُلُوْا مِنْهُ لَحْمًا طَرِيًّا وَّتَسْتَخْرِجُوْا مِنْهُ حِلْيَةً تَلْبَسُوْنَهَاۚ وَتَرَى الْفُلْكَ مَوَاخِرَ فِيْهِ وَلِتَبْتَغُوْا مِنْ فَضْلِهٖ وَلَعَلَّكُمْ تَشْكُرُوْنَ ١٤ وَاَلْقٰى فِى الْاَرْضِ رَوَاسِيَ اَنْ تَمِيْدَ بِكُمْ وَاَنْهٰرًا وَّسُبُلًا لَّعَلَّكُمْ تَهْتَدُوْنَۙ ١٥ وَعَلٰمٰتٍۗ وَبِالنَّجْمِ هُمْ يَهْتَدُوْنَ ١٦

*Dialah yang telah menurunkan air (hujan) dari langit untuk kamu, sebagiannya menjadi minuman dan sebagiannya (menyuburkan) tumbuhan, padanya kamu menggembalakan ternakmu. Dengan (air hujan) itu Dia menumbuhkan untuk kamu tanam-tanaman, zaitun, kurma, anggur dan segala macam buah-buahan. Sungguh, pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berpikir. Dia menundukkan malam dan siang, matahari dan bulan untukmu, dan bin-tang-bintang dikendalikan dengan perintah-Nya. Sungguh, pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang mengerti, dan (Dia juga mengendalikan) apa yang Dia ciptakan untukmu di bumi ini dengan berbagai jenis dan macam warnanya. Sungguh, pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang mengambil pelajaran. Dan Dialah yang menundukkan lautan (untukmu), agar kamu dapat memakan daging yang segar (ikan) darinya, dan (dari lautan itu) kamu mengeluarkan perhiasan yang kamu pakai. Kamu (juga) melihat perahu berlayar padanya, dan agar kamu mencari sebagian karunia-Nya, dan agar kamu bersyukur. Dan Dia menancapkan gunung di bumi agar bumi itu tidak goncang bersama kamu, (dan Dia menciptakan) sungai-sungai dan jalan-jalan agar kamu mendapat petunjuk, dan (Dia menciptakan) tanda-tanda (penunjuk jalan). Dan dengan bintang-bintang mereka mendapat petunjuk.* (an-Naḥl/16: 10-16)

# TAFSIR

Ayat 10 Surah an-Naḥl menerangkan tentang nikmat yang diperoleh manusia dari langit, baik langsung maupun tidak. Secara langsung, manusia dapat memanfaatkan air hujan yang turun dari langit untuk minum, mandi, mencuci dan keperluan-keperluan lainnya. Secara tidak langsung, air hujan dapat menyuburkan tanah, menumbuhkan tanaman-tanaman dan sayur-sayuran, menyejukkan udara, memelihara ikan, dan lain-lain. Rumput di ladang tumbuh subur untuk makanan

### *Min Faḍlihī* (an-Naḥl/16: 14)

*Min faḍlihī* berarti dari karunia-Nya. *Faḍala yafḍulu faḍlan*, artinya berlebih, bersisa, utama, karunia. Sedangkan *faḍḍala yufaḍḍilu tafḍīlan*, berarti melebihkan, mengutamakan. Dalam Al-Qur'an, lebih dari seratus kali lafaz ini disebut dalam berbagai bentuknya. Dari situ, dapat dipahami keutamaan Allah dalam banyak hal, seperti dalam kuantitas dan kualitas, kecepatan dan ketepatan, keaslian dan lain-lain. Manusia dapat memperoleh karunia Allah ini untuk berbagai keperluan hidupnya sehingga terpenuhi semua kebutuhannya.

### *An Tamīda bikum*

*An Tamīda bikum* artinya menggoncang kamu. Berasal dari kata kerja *māda yamīdu maidan* atau *madanan*, artinya menggoncang atau menggoyang.

ternak. Demikian juga dengan rumput di taman dan di lapangan olahraga.

Bumi betul-betul merupakan tempat yang "*cocok*" bagi tempat tinggal manusia. Ditinjau dari keikliman, unsur-unsur iklim seperti suhu udara, curah hujan, dan kecepatan angin dikendalikan oleh keseimbangan energi antara bumi dan atmosfer. Rata-rata energi yang diserap dari sinar matahari seimbang dengan energi yang dipancarkan kembali oleh bumi berupa sinar inframerah yang bersifat panas. Gas rumah kaca (GRK) seperti karbondioksida ($CO_2$), metana ($CH_4$), nitrogen dioksida ($NO_2$) dan uap air ($H_2O$) di lapisan bawah atmosfer menyerap sinar inframerah tersebut sehingga memberikan pengaruh hangat di atmosfer. Efek ini dikenal sebagai efek **gas rumah kaca** (GRK). Jadi, GRK dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan. Sebab, tanpa GRK, bumi akan sangat dingin. Semua ini terjadi dalam dalam keseimbangan.

Untuk kelangsungan hidup, air menjadi sumber utama yang dibutuhkan manusia dan makhluk hidup lainnya. Di darat, air dijumpai dalam bentuk sungai, danau, dan air yang tersimpan dalam tanah, baik air tanah dangkal maupun dalam. Air diperlukan bukan hanya sebagai air minum saja, tetapi juga untuk pertanian, peternakan, transportasi, sumber energi, bahkan pariwisata. Bukti-bukti anthropaleontologi menunjukkan bahwa pada masa-masa awalnya, manusia tinggal di sekitar sumber air, baik berupa danau atau sungai. Dalam Al-Qur'an cukup banyak ayat-ayat yang berkaitan dengan sumber daya air, seperti pada Surah an-Naḥl/16: 10 dan 65 serta Surah al-Mu'minun/23: 18.

Ayat 11 Surah an-Naḥl menjelaskan bahwa dengan air hujan, Allah menumbuhkan tanaman-tanaman dan buah-buahan, seperti zaitun, kurma, anggur, dan berbagai buah lainnya. Semua kebutuhan itu dapat disediakan berkat adanya air hujan yang turun dari langit pada setiap tahun. Hujan memang diturunkan Allah untuk menyuburkan bumi yang tandus. Allah berfirman,

وَاللّٰهُ اَنْزَلَ مِنَ السَّمَاۤءِ مَاۤءً فَاَحْيَا بِهِ الْاَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا ۗاِنَّ فِيْ ذٰلِكَ لَاٰيَةً لِّقَوْمٍ يَّسْمَعُوْنَ

*Dan Allah menurunkan air (hujan) dari langit dan dengan air itu dihidupkan-Nya bumi yang tadinya sudah mati. Sungguh, pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang-orang yang mendengarkan (pelajaran).*
(an-Naḥl/16: 65)

Selain air, manusia juga memerlukan lahan untuk bercocok tanam. Proses-proses geologi telah memungkinkan terjadinya pengayaan mineral yang dibutuhkan oleh tumbuh-tumbuhan untuk berkembang. Proses-proses geologi yang berbilang jutaan tahun mengangkat endapan-endapan laut menjadi pegunungan yang selanjutnya mengalami pelapukan, erosi, untuk kemudian diendapkan di daerah yang lebih rendah berupa hamparan di lembah-lembah, hamparan kipas aluvial, ataupun hamparan dalam bentuk delta-delta yang subur. Jadi pada dasarnya bumi disediakan untuk manusia, dan Allah menjamin kemudahan dalam pengelolaannya. Allah berfirman,

هُوَ الَّذِيْ جَعَلَ لَكُمُ الْاَرْضَ ذَلُوْلًا فَامْشُوْا فِيْ مَنَاكِبِهَا وَكُلُوْا مِنْ رِّزْقِهٖ ۗوَاِلَيْهِ النُّشُوْرُ

*Dialah yang menjadikan bumi untuk kamu yang mudah dijelajahi, maka jelajahilah di segala penjurunya dan makanlah sebagian dari rezeki-Nya. Dan hanya kepada-Nyalah kamu (kembali setelah) dibangkitkan.*
(al-Mulk/67: 15)

Ayat 12 Surah an-Naḥl menerangkan bahwa Allah lah yang mengatur pergantian siang dan malam yang manfaatnya dapat dirasakan manusia; siang hari untuk bekerja dan malam hari untuk istirahat. Allah juga mengatur peredaran matahari, bulan, dan bintang-bintang yang manfaatnya juga jelas dirasakan manusia. Matahari memberi sinar terang pada siang hari, bulan memberi cahaya indah di malam hari, dan bintang-bintang bertebaran di langit. Semuanya dapat dijadikan petunjuk tentang pergantian musim dan masa tanam padi, serta petunjuk tentang arah dan posisi ketika di padang pasir atau tengah lautan.

Matahari adalah sebab adanya siang dan malam. Jika dia muncul di cakrawala timur, berarti hari sudah mulai siang. Makin lama makin meninggi, tampak bergerak di angkasa secara perlahan-lahan, kemudian menurun dan tenggelam di ufuk barat. Ini berarti malam telah tiba. Matahari menjadi sumber energi yang sangat diperlukan segenap makhluk hidup di bumi, baik manusia, binatang, maupun tumbuh-tumbuhan.

Dibanding matahari, bulan tampak berjalan lebih lambat. Suatu saat, bulan berbentuk sabit, beberapa hari kemudian membesar, dan akhirnya menjadi bulan purnama. Sesudah itu, cahanya mulai berkurang dan bentuknya kembali menjadi sabit, dan akhirnya lenyap sama sekali. Dari perubahan bentuk bulan ini orang dapat mengetahui penanggalan atau kalender *Qamariyah* yang sangat bermanfaat bagi pelaksanaan ibadah.

Allah juga yang mengendalikan bintang-bintang yang berjalan pada orbitnya sendiri-sendiri dengan hukum-hukum yang telah ditetapkan-Nya. Perjalanan atau peredaran bintang-bintang ini begitu teratur dan tetap, demikian pula posisinya. Hal ini memberikan petunjuk kepada manusia untuk mengetahui posisi mereka

di muka bumi dengan memperhatikan dan berpedoman pada kedudukan bintang-bintang, baik di darat, laut, maupun udara. Saat malam, di tengah lautan luas, manusia tidak salah jalan jika mengikuti petunjuk bintang-bintang di langit. Semua itu adalah tanda-tanda kekuasaan Allah bagi orang yang mau menggunakan akal mereka, dengan menggunakan ilmu pengetahuan astronomi, dan lainnya.

Ayat 13 Surah an-Naḥl menegaskan bahwa Allah sendirilah yang mengendalikan semua makhluk ciptaan-Nya yang bermacam-macam warna, sifat, potensi, dan kemampuannya. Semua ini menjadi petunjuk bagi orang-orang yang mau mempelajari serta mengambil manfaat dan pelajaran dari proses penciptaan langit dan bumi yang tertib, sistematik, teratur, serta rapih.

Allah Pengatur dan Pengendali segala ciptaan-Nya, baik yang di permukaan bumi (binatang, tumbuhan, gunung, dan sungai), maupun yang di dalam perut bumi (mineral dan barang tambang lainnya). Semua diciptakan Allah, diatur, serta diperintah oleh-Nya. Yang Menciptakan lah yang berhak mengatur dan menjalankannya.

Ayat 14 Surah an-Naḥl menerangkan beragam nikmat di laut yang diberikan Allah kepada hamba-Nya. Allah mengendalikan lautan untuk manusia. Dari lautan, manusia dapat mengambil berbagai kekayaan alam yang tersimpan di dalamnya seperti ikan yang segar dan mutiara-mutiara yang dapat dijadikan perhiasan. Lautan juga tempat lalu-lalang berbagai jenis kapal dan perahu untuk transportasi manusia dan barang-barang. Lebih dari itu, pergerakan lautan dari satu tempat ke tempat lain melalui fenomena yang disebut Broecker (1985, dalam Voituriez, 2003) sebagai *conveyor belt/ban berjalan*. "Ban berjalan" ini menggerakkan masa air laut berikut panas dan segala materi yang dikandungnya ke seluruh wilayah lautan yang ada di bumi.

Selain di laut, manusia juga memperoleh banyak anugerah di daratan. Sungguh sangat banyak nikmat Allah yang tersedia bagi manusia. Namun, hanya orang-orang yang mengetahui saja yang dapat memperolehnya. Semoga kita termasuk yang beriman, bersyukur, dan dapat menikmati karunia-Nya.

Ayat 15 Surah an-Naḥl menjelaskan bahwa kenikmatan dan kenyamanan hidup yang diperoleh manusia disebabkan Allah mencipta gunung-gunung. Pegunungan terbentuk akibat proses tumbukan antar lempeng yang mampu mengangkat material yang diendapkan sebelumnya. Dalam proses pengangkatan tersebut sering disertai pula oleh aktivitas magmatik seperti terbentuknya batuan-batuan beku seperti granit maupun gunung api. Tumpukan material yang terangkat dan membentuk pegunungan tersebut tersusun sepanjang batas antarlempeng. Pergeseran lempeng menyebabkan getaran pada lempeng yang kita rasakan sebagai gempa. Massa gunung dan pegunungan yang sangat besar dan memiliki akar yang sebanding dengan tingginya bisa meredam getaran tersebut sehingga kulit bumi tidak bergoncang hebat. Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa gunung-gunung terpancang mengikuti kaidah kesetimbangan hidrostatik (isostasi). Beban gunung-gunung tersebut akan dikomparasikan oleh bagian bawah gunung yang bertindak seperti akar. semakin tinggi pegunungan, maka semakin dalam akarnya, dan menyebabkan bagian kulit bumi tidak

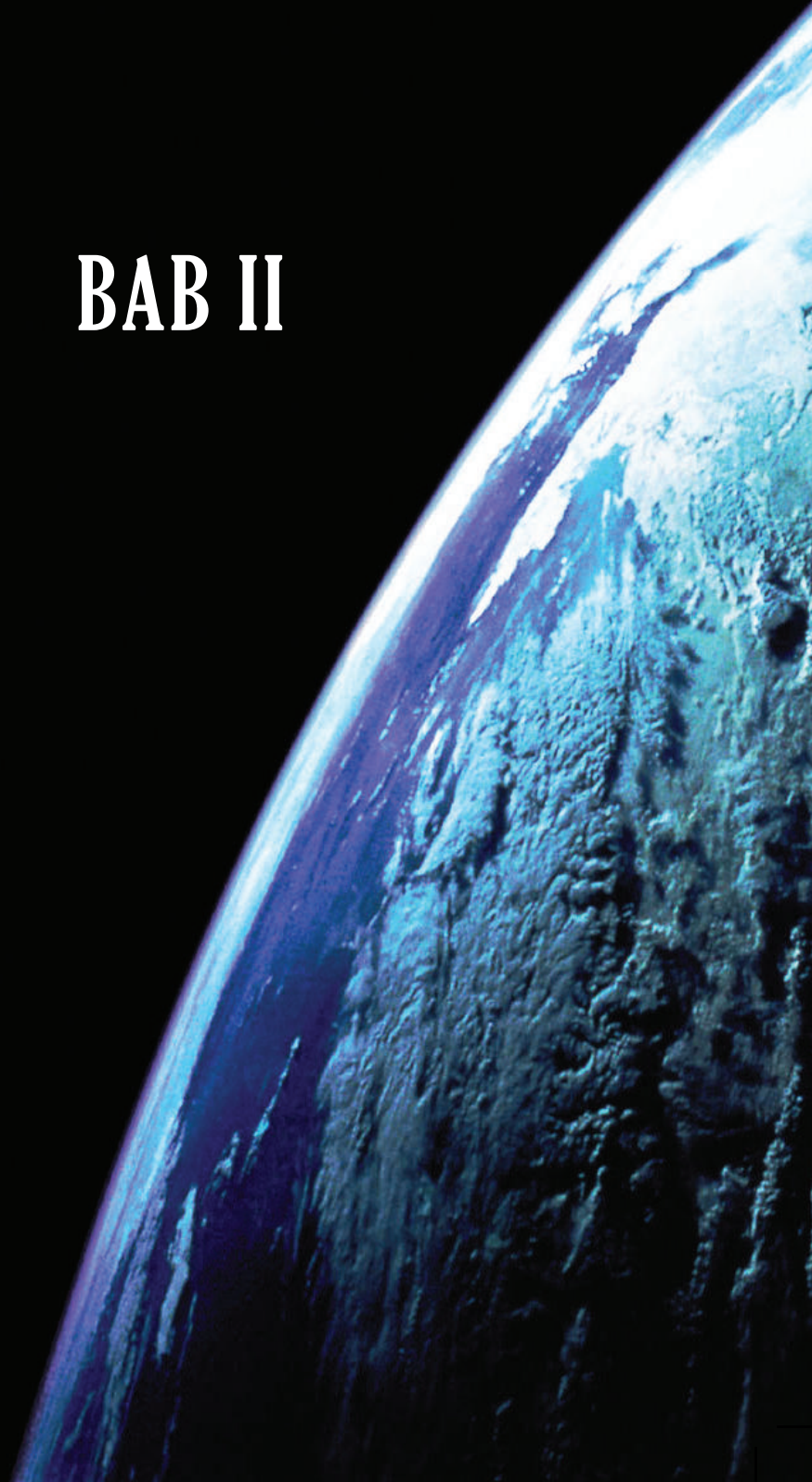
berguncang. Agaknya ini yang diungkapkan pada ayat tersebut dan Surah an-Nāzia`āt/79 :32

وَالْجِبَالَ اَرْسٰىهَا

*dan gunung-gunung dipancangkan-Nya dengan teguh.*
(an-Nāzi'āt:32)

Bumi memang berotasi sekali dalam 24 jam. Dengan jari-jari bumi sekitar 6.300 km, berarti permukaan bumi di sekitar khatulistiwa bergerak dengan kecepatan sekitar 1.600 km/jam. Mengapa tidak terasa? Pada dasarnya manusia dan segala benda di permukaan bumi tidak bertebaran karena tertarik gravitasi bumi. Gerakan rotasi bumi yang sangat cepat itu tidak terasa karena kita bergerak bersama. Bila tidak ada perbedaan gerak antara semua komponen, maka kita merasakan semuanya diam. Kita duduk di bawah pohon di samping rumah seolah semuanya diam walau sebenarnya kita bergerak sangat cepat mengitari poros bumi, karena kita bergerak bersama kursi, rumah, pohon, udara di sekitar kita, dan segala objek yang kita anggap diam. Kita baru merasakan adanya gerakan ketika ada perbedaan kecepatan, misalnya ketika terjadi perpindahan udara (angin), aliran sungai, atau kita berjalan.

Ayat 16 Surah an-Naḥl menjelaskan bahwa Allah telah menciptakan tanda-tanda sebagai petunjuk. Bintang-bintang pun dapat dijadikan petunjuk tentang posisi dan arah perjalanan, terutama bagi yang berada di tengah padang pasir atau lautan sehingga bisa berjalan dengan nyaman. Bintang yang jaraknya sangat jauh, susunannya daam bentuk rasi bintang akan tetap walau dilihat dari berbagai tempat di bumi. Itulah sebabnya rasi bintang dapat dijadikan alat navigasi, petunjuk arah. Misalnya rasi Salib Selatan selalu menunjuk arah selatan di mana saya kita bisa melihatnya. Rasi Ursa Mayor selalu menunjuk titik utara sehingga bila nelayan atau penjelajah melihatnya, bisa menentukan arah perjalanan secara tepat. Beberapa rasi lainnya yang banyak dikenal penjelajah juga menjadi petunjuk arah dan sekaligus sebagai petunjuk posisi dan waktu. Artinya, bila kita tahu posisi kita, dengan melihat rasi-rasi bintang kita bisa menentukan waktu saat itu. Sebaliknya bila kita mengetahui waktu saat itu, kita bisa menentukan posisi kita di tengah lautan atau di tengah padang pasir sehingga bisa memperkirakan lama perjalanan mencapai tujuan.

# BAB II

# AWAL PENCIPTAAN BUMI

Informasi tentang penciptaan jagat raya banyak ditemukan dalam Al-Qur'an, antara lain: *Dan sungguh, Kami telah menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada antara keduanya dalam enam masa, dan Kami tidak merasa letih sedikit pun* (Qāf/50: 38), *Allah yang menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada di antara keduanya dalam enam masa, kemudian Dia bersemayam di atas 'Arsy. Bagimu tidak ada seorang pun penolong maupun pemberi syafaat selain Dia. Maka apakah kamu tidak memperhatikan?* (as-Sajdah/32: 4), *dan Dialah yang menciptakan langit dan bumi dalam enam masa; kemudian Dia bersemayam di atas 'Arsy. Dia mengetahui apa yang masuk ke dalam bumi dan apa yang keluar dari dalamnya, apa yang turun dari langit dan apa yang naik ke sana. Dan Dia bersama kamu di mana saja kamu berada. Dan Allah Maha Melihat apa yang kamu kerjakan.* (al-Ḥadīd/57: 4). (Paparan rinci tentang ini dapat dibaca dalam Buku *Penciptaan Jagat Raya dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*).

Dari beberapa ayat di atas dapat dipahami bahwa pencipta langit dan bumi dengan segala isinya adalah Allah Yang Maha Pengasih. Semua diciptakan dalam waktu "enam hari" yang kemudian dipahami dengan enam masa atau enam periode. Sebab hari yang dimaksud bukan dalam pengertian 24 jam. Dalam Al-Qur'an dijelaskan dan diumpamakan secara berbeda-beda, ada yang 1.000 tahun (al-Ḥaj/22: 47), bahkan 50.000 tahun (al-Ma'ārij/70: 4). Tentang ini, Ahmad Musṭafā al-Marāgi dalam *Tafsīrul-Marāgi* hanya menerangkan bahwa penciptaan langit dan

bumi dengan segala isinya terjadi dalam enam periode, dan setiap periodenya belum diketahui berapa ribu tahun.

Enam masa atau enam periode adalah proses penciptaan alam semesta sejak pertama sekali sampai penciptaan manusia sebagai jenis makhluk terakhir yang diciptakan Allah. Ini tidak berarti Allah perlu waktu untuk menciptakan makhluk-Nya. Sebab, dengan mengucap *kun* (jadilah!), segala yang dikehendaki-Nya pasti jadi (Yāsīn/36: 82). Allah mencipta langit dan bumi dengan segala isinya dalam waktu enam masa atau enam periode, lebih untuk memberi petunjuk dan mendidik manusia bahwa segala sesuatu perlu proses dan waktu. Makin besar nilai yang dibuat atau dijadikan, tentu makin panjang proses dan waktu yang diperlukan.

Para ahli ilmu pengetahuan kini telah banyak yang meneliti, mengetahui, kemudian menerangkan enam masa tahapan pembentukan alam hingga sempurna seperti sekarang, mulai dari *Big Bang* atau dentuman besar dari *Singularity*, sampai terbentuknya tata surya dan planet-planet. Namun, para ahli masih berbeda-beda dalam memberi nama tahapan-tahapan masa atau periode tersebut.

Tentang ini, para ahli ilmu pengetahuan ruang angkasa berusaha menghubungkan konsep enam masa penciptaan langit dan bumi dengan informasi dalam firman Allah berikut:

ءَاَنْتُمْ اَشَدُّ خَلْقًا اَمِ السَّمَاۤءُ ۗ بَنٰىهَا ﴿٢٧﴾ رَفَعَ سَمْكَهَا فَسَوّٰىهَا ۙ
﴿٢٨﴾ وَاَغْطَشَ لَيْلَهَا وَاَخْرَجَ ضُحٰىهَا ۖ ﴿٢٩﴾ وَالْاَرْضَ بَعْدَ
ذٰلِكَ دَحٰىهَا ۗ ﴿٣٠﴾ اَخْرَجَ مِنْهَا مَاۤءَهَا وَمَرْعٰىهَا ۖ ﴿٣١﴾
وَالْجِبَالَ اَرْسٰىهَا ۙ ﴿٣٢﴾ مَتَاعًا لَّكُمْ وَلِاَنْعَامِكُمْ ۗ ﴿٣٣﴾

*Apakah penciptaan kamu yang lebih hebat ataukah langit yang telah dibangun-Nya? Dia telah meninggikan bangunannya lalu menyempurnakannya, dan Dia menjadikan malamnya (gelap gulita), dan menjadikan siangnya (terang benderang). Dan setelah itu bumi Dia hamparkan. Darinya Dia pancarkan mata air, dan (ditumbuhkan) tumbuh-tumbuhannya. Dan gunung-gunung Dia pancangkan dengan teguh.(Semua itu) untuk kesenanganmu dan untuk hewan-hewan ternakmu.* (an-Nāzi'āt/79: 27-33)

Menurut ahli astronomi, ayat di atas memberi petunjuk tentang kronologis enam proses penciptaan langit dan bumi dengan segala isinya. **Masa Pertama** dipahami dari ayat 27 yang memberi petunjuk tentang penciptaan alam semesta dengan peristiwa *Big Bang*, yaitu ledakan besar sebagai awal lahirnya ruang dan waktu, termasuk materi. **Masa Kedua** dipahami dari ayat 28 yang memberi petunjuk tentang pengembangan alam semesta, sehingga benda-benda langit makin berjauhan (dalam bahasa awam berarti langit makin tinggi). *"… lalu menyempurnakannya…",* memberi pengertian bahwa pembentukan benda langit bukanlah proses sekali jadi, tetapi proses *evolutif* (perubahan bertahap, dari awan antarbintang, menjadi bintang, lalu akhirnya mati dan digantikan generasi bintang-bintang baru). **Masa Ketiga** diperoleh petunjuk dari ayat 29 tentang adanya tata surya yang juga berlaku pada bintang-bintang lain. Masa ini adalah masa penciptaan matahari yang bersinar dan bumi (serta planet-planet lainnya) yang berotasi sehingga ada fenomena malam dan siang.

**Masa Keempat** diperoleh petunjuk dari ayat 30 yang sepertinya menjelaskan proses evolusi di bumi. Setelah bulan terbentuk dari lontaran sebagian kulit bumi karena tumbukan benda langit lainnya, dan bumi

dihamparkan mungkin saat lempeng benua besar Pangea mulai terpecah tetapi bisa jadi lebih tua dari Pangea. **Masa Kelima** dipahami dari ayat 31 yang memberi petunjuk tentang awal penciptaan kehidupan di bumi (mungkin juga di planet lain yang disiapkan untuk kehidupan) dengan menyediakan air. Dan **Masa Keenam** diperoleh petunjuk dari ayat 32 dan 33 yang menjelaskan timbulnya gunung-gunung akibat evolusi geologi dan mulai diciptakannya hewan dan kemudian manusia.

## Penciptaan Bumi Dalam Dua Masa

Penciptaan bumi berlangsung dalam waktu dua masa. Demikian juga tahap penyediaan makanan bagi makhluk penghuni bumi, terjadi dalam dua masa. Jadi, untuk sampai bisa dihuni makhluk, bumi melalui empat tahapan masa. Jika digabung dengan dua tahapan penciptaan langit hingga menjadi berlapis-lapis, seluruhnya memerlukan waktu enam masa. Allah berfirman,

قُلْ اَىِٕنَّكُمْ لَتَكْفُرُوْنَ بِالَّذِيْ خَلَقَ الْاَرْضَ فِيْ يَوْمَيْنِ وَتَجْعَلُوْنَ لَهٗٓ اَنْدَادًاۗ ذٰلِكَ رَبُّ الْعٰلَمِيْنَۚ ﴿٩﴾ وَجَعَلَ فِيْهَا رَوَاسِيَ مِنْ فَوْقِهَا وَبٰرَكَ فِيْهَا وَقَدَّرَ فِيْهَآ اَقْوَاتَهَا فِيْٓ اَرْبَعَةِ اَيَّامٍۗ سَوَاۤءً لِّلسَّاۤىِٕلِيْنَ ﴿١٠﴾ ثُمَّ اسْتَوٰٓى اِلَى السَّمَاۤءِ وَهِيَ دُخَانٌ فَقَالَ لَهَا وَلِلْاَرْضِ ائْتِيَا طَوْعًا اَوْ كَرْهًاۗ قَالَتَآ اَتَيْنَا طَاۤىِٕعِيْنَ ﴿١١﴾ فَقَضٰىهُنَّ سَبْعَ سَمٰوٰتٍ فِيْ يَوْمَيْنِ وَاَوْحٰى فِيْ كُلِّ سَمَاۤءٍ اَمْرَهَاۗ وَزَيَّنَّا السَّمَاۤءَ الدُّنْيَا بِمَصَابِيْحَۖ وَحِفْظًاۗ ذٰلِكَ تَقْدِيْرُ الْعَزِيْزِ الْعَلِيْمِ ﴿١٢﴾

***Rawāsiya* (Fuṣṣilat/41: 9)**

*Rawāsiya* artinya gunung-gunung (jamak). Mufradnya, *rāsī,* dari kata kerja: *rasā yarsū raswan* atau *rusuwwan*, yang berarti tetap, tegak. Bentuk *isim makan*-nya *marsa*, artinya tempat berlabuh yang tetap atau pelabuhan. ar-Rāsī berarti yang membuang sauh, yang tetap, atau gunung. Ayat 10 Surah Fuṣṣilat menerangkan bahwa Allah menciptakan gunung-gunung dipermukaan bumi di sepanjang pertemuan antarlempeng benua agar manusia dan makhluk lain dipermukaan bumi tidak terguncang karena getaran gempa akibat pergeseran lempeng bumi (an-Naḥl/16: 15). Manfaat gunung-gunung juga dapat menahan awan supaya berkumpul dan kemudian menjadi hujan, lalu turun ke bumi. Gunung juga menjadi resapan air hujan dan menjadi tempat menyimpan air. Kemanfaatan yang lain dari gunung adalah menjadi tempat tumbuhnya pohon-pohon besar dan membentuk hutan yang menjadi paru-paru dunia.

*Katakanlah, “Pantaskah kamu ingkar kepada Tuhan yang menciptakan bumi dalam dua masa dan kamu adakan pula sekutu-sekutu bagi-Nya? Itulah Tuhan seluruh alam.” Dan Dia ciptakan padanya gunung-gunung yang kokoh di atasnya. Dan kemudian Dia berkahi, dan Dia tentukan makanan-makanan (bagi penghuni)nya dalam empat masa, memadai untuk (memenuhi kebutuhan) mereka yang memerlukannya. Kemudian Dia menuju ke langit dan (langit) itu masih berupa asap, lalu Dia berfirman kepadanya dan kepada bumi, “Datanglah kamu berdua menurut perintah-Ku dengan patuh atau terpaksa.” Keduanya menjawab, “Kami datang dengan patuh.” Lalu diciptakan-Nya tujuh langit dalam dua masa dan pada setiap langit Dia mewahyukan urusan masing-masing. Kemudian langit yang dekat (dengan bumi), Kami hiasi dengan bintang-bintang, dan (Kami ciptakan itu) untuk memelihara. Demikianlah ketentuan (Allah) Yang Mahaperkasa, Maha Mengetahui. (Fuṣṣilat/41: 9-12)*

# TAFSIR

AYAT 9 SURAH FUṢṢILAT menjelaskan bahwa Allah meminta Nabi Muhammad untuk bertanya pada orang-orang kafir Mekah, mengapa mereka ingkar kepada Allah, padahal Dialah yang telah mencipta bumi yang mereka tempati ini dalam dua masa, mulai dari materi semacam gumpalan asap sampai menjadi bumi yang keras dan “bundar” seperti sekarang ini?

Sebelum membahas lebih jauh tentang masa penciptaan bumi, perlu dikemukakan tentang skala waktu geologi yang secara garis besar dapat dibagi menjadi *eon* (masa), *era* (era), period (periode), dan *epoch* (lihat Bab-IV). Pada tafsir penciptaan bumi ini skala waktu geologi dibatasi pada *eon*, yang untuk selanjutnya disebut sebagai masa. Masa yang rentang waktunya sangat panjang ini dibagi menjadi 4 (empat) yakni Fanerozoikum (*Phanerozoic*), Proterozoikum (*Proterozoic*), Arkean (*Archean*), dan Hadean (*Hadean*). Tabel-2.1 memperlihatkan rentang waktu masa tersebut. Sebelum membahas lebih jauh, perlu diingat bahwa penelitian geologi umumnya dilakukan pada formasi geologi yang terbentuk pada rentang waktu Fanerozoikum (0-

**_Aqwātahā_ (Fuṣṣilat/41: 10)**

*Aqwāt* adalah bentuk jamak. Mufradnya *qūt*, artinya makanan. *Aqwātahā* berarti makanan-makanan mereka (manusia dan makhluk penduduk bumi lainnya). Proses penciptaan bentuk bumi dalam waktu dua masa, proses penyediaan makanan bagi penduduk bumi juga dalam dua masa, sehingga sampai bumi menjadi tempat tinggal yang nyaman, perlu waktu empat masa. Makanan penduduk bumi berupa tumbuhan hasil bumi dan binatang, baik air maupun darat. Inilah penjelasan mengapa untuk semua itu perlu waktu yang lama. Prosesnya melalui tahapan panjang, mulai dari terjadinya air yang membentuk kesuburan tanah, sampai pada tumbuhnya berbagai tumbuh-tumbuhan dan munculnya kehidupan binatang, hingga bumi layak dan nyaman dihuni manusia.

600 juta tahun yang lalu) atau hanya sekitar 10 % dari seluruh sejarah bumi (lihat Bab-IV). Sedangkan periode sebelum Fanerozoikum tidak banyak diketahui

| Masa (Eon) | Umur (juta tahun yang lalu) |
|---|---|
| Fanerozoikum | 0-542 |
| Proterozoikum | 542-2.500 |
| Arkean | 2.500-3.800 |
| Hadean | 3.800-4.600 |

*Tabel-2.1 Skala Waktu Geologi (Eon/Masa)*

Seperti telah dijelaskan di atas bahwa **Masa Ketiga** adalah masa penciptaan matahari dan bumi serta planet-planet lainnya. Bumi terbentuk semula oleh sekumpulan gas (*cloud of gas*) dan debu, lebih dari 4,5-4,6 miliar tahun yang lalu. Elemen-elemen ringan termasuk hidrogen (H) dan oksigen (O) yang jumlahnya sangat besar terkumpul dalam planet sebagai gas yang terkondensasi dan membentuk batuan yang lunak (*molten rock*) dan mulailah sejarah bumi dan planet-planet lainnya. Material-material yang ada kemudian terpisah berdasarkan berat jenisnya. Material-material berat memisahkan diri dan menempati tempat yang dalam, sedangkan material ringan naik ke atas. Pada masa ini, yang dalam geologi disebut sebagai *Hadean eon (masa Hadean)*, bumi masih pada awal penciptaannya dan belum terbentuk batuan, kecuali meteorit (http://www.ucmp.bekeley.edu). Meteorit tertua diketahui berumur sekitar 4,6 miliar tahun yang lalu. Rentang waktu masa Hadean berkisar dari 4,6 – 3,8 miliar tahun yang lalu. Batuan tertua yang diketemukan di Kanada dan diketahui berumur 3,8-4,28 miliar tahun yang lalu. Bisa jadi ini adalah menandai akhir dari Masa Ketiga dan memasuki Masa Keempat yang ditandai oleh hamparan bumi, seperti dalam surah an-Nāzi'āt/79: 30

Pada **Masa Keempat** bulan terbentuk dari lontaran sebagian kulit bumi karena tumbukan dahsyat benda langit lainnya, dan Al-Qur'an menandainya dengan "..*Dan setelah itu bumi Dia*

***Sab'a samāwāt* (Fuṣṣilat/41: 12)**

Terdiri dari dua kata, yaitu *sab'* (tujuh) dan *samāwāt* (langit). *Samāwāt* adalah bentuk jamak, mufradnya *samā'*. Lafal *samā'* berasal dari kata kerja *samā yasmū sumuwwan*, artinya tinggi. Jadi *samā'* berarti segala sesuatu yang ada di atas (langit, cakrawala, dan planet-planet). *Samā'ud-dunya* artinya langit terdekat, sedang *samā'us-samāwāt* artinya langit tertinggi. Pemahaman tentang tujuh langit masih multitafsir. Ada yang memahami tujuh lapisan langit dan ada yang memahami tujuh planet. Ada juga yang memahami bilangan tujuh menunjukkan banyak. Sebab, orang Arab menggunakan kata tujuh bukan hanya berarti 6+1, tetapi juga berarti banyak. Jika demikian, kata *sab'a samāwāt* bukan hanya berati tujuh langit, tetapi juga dapat diartikan sebagai banyak langit di atas kita. *as-Samā'* dalam bahasa Arab artinya memang langit atau cakrawala, tetapi kata kerja *samā yasmū sumuwwan* artinya tinggi. Maka *as-samā'*, juga bisa berarti yang di atas manusia.

*hamparkan*". Batuan-batuan tertua yang berumur sekitar 3,8-4,28 miliar tahun mungkin merupakan batuan-batuan yang *dihamparkan*. Seperti dikemukakan sebelumnya sangat boleh jadi ini adalah akhir masa Hadean dan memasuki masa Arkean. Bila demikian halnya maka batas masa Hadean dan masa Arkean berkisar pada umur 3.8 - 4,28 miliar tahun yang lalu. Beberapa tafsir sering menyebutkan *bumi yang dihamparkan* menggambarkan lempeng benua besar (Pangea) kemudian "dihamparkan" sekitar 200 juta tahun yang lalu. Benua Pangea ini kemudian terpecah, bergerak dan kemudian membentuk 5 benua plus Antartika. Namun data geologi yang menyebutkan batuan tertua berumur sekitar 4,28 miliar tahun yang lalu. Bila demikian bisa jadi pada **Masa Keempat** *bumi yang dihamparkan* bukan Pangea, tetapi "benua" dengan umur jauh lebih tua. Selain itu diduga aktivitas gunung api telah berlangsung sebelum 3,7 miliar tahun yang lalu. Masa Arkean ditandai oleh munculnya bakteri dan *stromatolite*. Bila demikian halnya, bisa jadi sebagian masa Arkean, bagian paling atas Arkean masuk dalam **Masa Kelima**.

**Masa Kelima** adalah awal penciptaan kehidupan yang ditandai dan disertai ketersedian air. Masa kelima ini dalam geologi mungkin paralel dengan masa Proterozoikum dimana dijumpai, meski dalam jumlah yang tidak banyak, binatang-binatang dalam bentuk primitif.

**Masa Keenam** merupakan masa pembentukan pegunungan. Masa ini bisa jadi dimulai sejak akhir Proterozoikum (542 juta tahun yang lalu). Pada masa yang disebut Fanerozoikum ini salah satunya ditandai oleh pecahnya benua Pangea menjadi beberapa benua seperti bentuknya sekarang (Gambar-2.1 dan Gambar 2.2). Pada masa tersebut pembentukan pegunungan terjadi di wilayah interaksi dua lempeng. Pada masa ini pula terjadi peristiwa hebat yakni musnahnya dinosaurus serta yang paling penting adalah munculnya manusia batuan.

Seperti telah dikemukakan sebelumnya bahwa sangat sedikit yang kita ketahui tentang masa sebelum 542 juta tahun yang lalu, atau sebelum Fanerozoikum. Mengingat batuan-batuan yang terbentuk sebelum masa itu telah mengalami berulang kali deformasi tentu relatif sulit melihat jejak di masa lalu. Sebagai contoh tatanan lempeng yang kita ketahui sekarang ini bermula sejak 230 tahun yang lalu. Padahal secara umum diasumsikan bahwa mekanisme pergerakan lempeng ini sudah berjalan paling tidak sejak 2,5 miliar tahun yang lalu. Bila demikian tentu sudah berkali-kali terjadi perubahan baik pada batas antarlempeng maupun pada pola pergerakan lempeng. Bila ditinjau dari pembentukan pengunungan (*mountain buiding*) yang tentunya terkait dengan tumbukan antarlempeng, paling tidak ada 6 atau 7 episode pembentukan pegunungan yang sangat besar. Bila demikian, rata-rata perubahan tatanan lempeng berkisar 300-500 juta tahun (Dott Jr dan Batten, 1976). Jadi **Masa Keenam** bukan pada 542 juta tahun yang lalu, tetapi bisa jadi lebih tua.

Dalam perut bumi dan di atas permukaannya, oksigen dan hidrogen membentuk air (H2O). Sejumlah air yang besar, mengisi wilayah-wilayah rendah dan membentuk lautan. Demikian halnya di atmosfer, uap air terkondensasi menjadi air dan kembali turun ke bumi, sebagian mengisi lautan dan sebagian yang lain mengisi

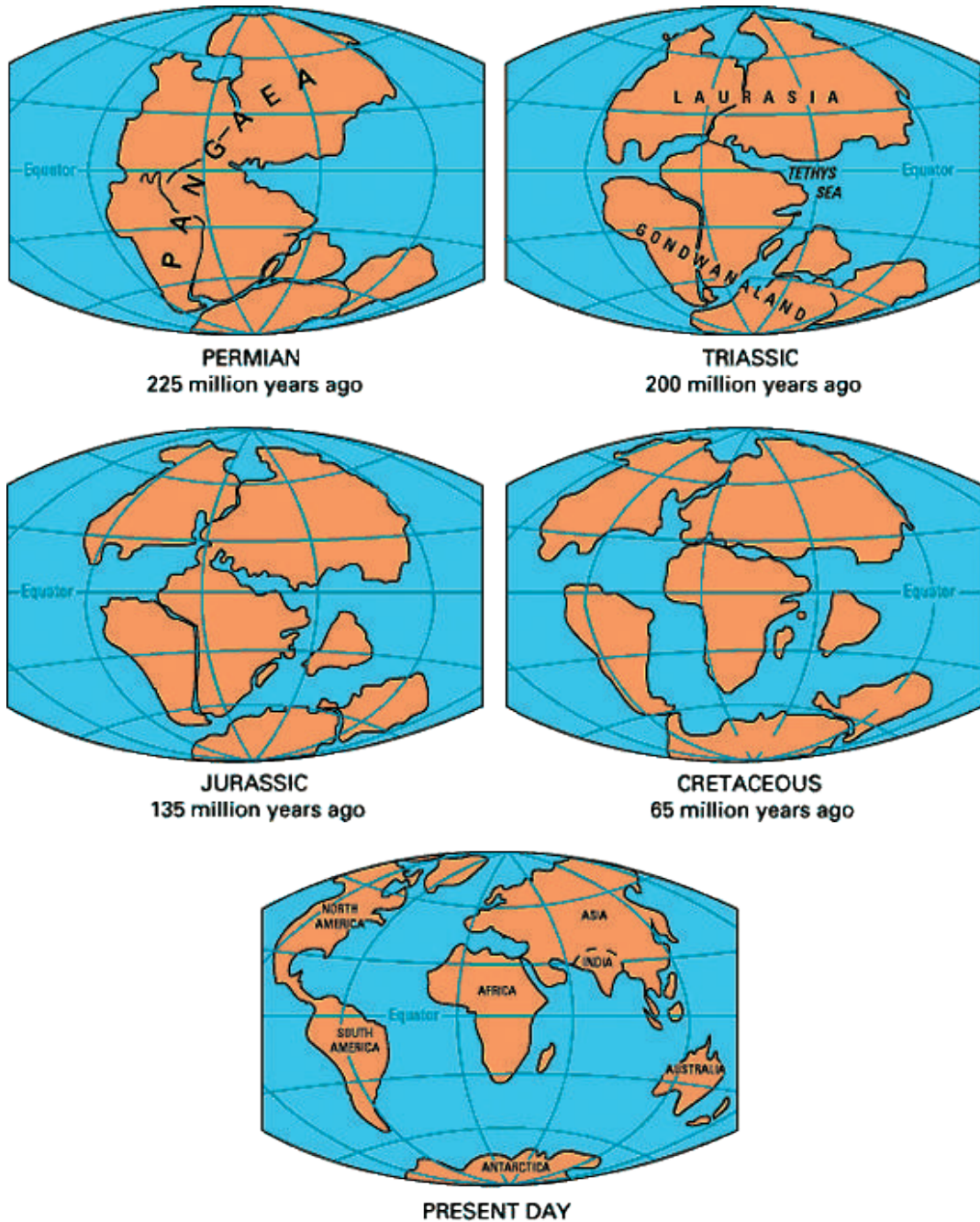
batuan-batuan di bumi yang memiliki porositas tinggi (pori-pori yang banyak). Sejumlah ahli geologi menduga proses ini berlangsung berkali-kali karena sejumlah planetoid (planet-planet kecil) diduga terus berinteraksi dengan planet bumi sampai 3,5 miliar tahun yang lalu. Tabrakan dengan planetoid ini menyebabkan terjadinya penguapan unsur air di planet bumi, dan kelak kembali mendapat kiriman air dari komet-komet (terdiri dari es dan debu) yang menubruk bumi sehingga airnya bisa mengisi muka dataran yang rendah.

Tabel 2.2 di bawah adalah ringkasan penciptaan jagat raya hingga penciptaan bumi. Bumi diciptakan dalam 2 (dua) masa: pada **Masa Ketiga** dan **Masa Keempat.** Adapun **Masa Kelima** penciptaan kehidupan, air dan laut, sedangkan pada **Masa Keenam** tampaknya kulit bumi mulai bergerak dan di tandai pembentukan pegunungan, tumbuh-tumbuhan, serta hewan dan manusia. **Masa Keenam** bisa jadi mencakup dua masa yakni: Fanerozoikum dan Prepaleozoikum yang bisa dibagi menjadi 3 masa yakni Proterozoikum, Archean dan Hadean.

| Masa (al-Qur'an) | Umur (juta tahun yang lalu) | Masa/Eon | Peristiwa |
|---|---|---|---|
| 6 | 0-542 | Fanerozoikum | ***Dan gunung-gunung Dia pancangkan dengan teguh.(Semua itu) untuk kesenanganmu dan untuk hewan-hewan ternakmu.*** Penciptaan gunung-gunung. Diduga penciptaan gunung-gunung sudah dimulai sejak 2,5 milar tahun yang lalu (ada 6-7 episode pembentukan gunung). Atau mungkin Masa keenam hanya berkaitan dengan pembentukan pegunungan pada masa Fanerozokum? Munculnya hewan multisel |
| 5 | 542-2500 | Proterozoic | ***Darinya Dia pancarkan mata air, dan (ditumbuhkan) tumbuh-tumbuhannya.*** Penciptaan kehidupan dan air. Masa ini ditandai oleh *blue green filamentous* algea dan bakteri sekitar 3,2miliar tahun yang lalu. . Bisa jadi Arkean berakhir 3,2 milyar tahun yang lalu |
| 4 | 2500-3.800 | Arkean | ***Bumi dihamparkan.*** Batuan tertua (3,8-4,28 miliar tahun yang lalu). Aktivitas gunung api lebih tinggi dibandingkan keadaan sekarang. Bisa jadi Hadean berakhir saat pembentukan batuan 4, 28 milyar tahun yang lalu. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 | 3.800-4.600? | Hadean | ***Dia menjadikan malamnya (gelap gulita), dan menjadikan siangnya (terang benderang).*** Penciptaan matahari yang bersinar dan bumi (serta planet-planet lainnya) yang berotasi sehingga ada fenomena malam dan siang. Pada masa ini batuan belum terbentuk. |
| 2 | ? | - | ***Dia telah meninggikan bangunannya lalu menyempurnakannya,*** Pengembangan alam semesta, sehingga benda-benda langit makin berjauhan. |
| 1 | 13,700 | - | ***Apakah penciptaan kamu yang lebih hebat ataukah langit yang telah dibangun-Nya.*** Penciptaan alam semesta dengan peristiwa Big Bang, yaitu ledakan besar sebagai awal lahirnya ruang dan waktu, termasuk materi. |

*Tabel 2-2 yang menunjukkan masa penciptaan jagadraya, termasuk bumi (pada masa ketiga dan keempat) dan masa penciptaan kehidupan dan pegunungan (masa ke lima dan keenam). Dalam tabel tersebut dimasukkan masa geologi.*

**Gambar-2.1:** Benua Pangea pada 225 juta tahun yang lalu. Bandingkan posisinya dengan keadaan pada 550 juta tahun yang lalu. (http://geology.csupomona.edu/drjessey/class/Gsc101/Plate.html)

**Gambar-2:2** Perkembangan Pangea dari 225 juta tahun yang lalu hingga saat ini (Sumber: http://geology.com/pangea.htm)

Secara singkat berikut ringkasan tentang penciptaan bumi. Data geologi yang ada menunjukkan urutan yang sesuai dengan Al-Qur'an. Usaha pemisahan berdasarkan kronologis umur memang sering kali tumpang tindih. Akan tetapi secara garis besar tampak kesesuaian antara bukti-bukti lapangan. Ayat 9-12 Surah Fuṣṣilat ini dapat dipahami bukan sebagai kronologi proses penciptaan langit dan bumi yang berlangsung enam masa, tetapi sebagai ungkapan keterangan yang memberi penekanan pada masa-masa atau tahapan tertentu. Ayat 9 misalnya, menjelaskan bahwa Allah telah menciptakan bumi dalam dua masa, yaitu masa ketiga dan masa keempat.

**Masa ketiga** merupakan masa penciptaan matahari yang bersinar dan bumi yang berotasi (berputar pada porosnya) sehingga terjadi fenomena siang dan malam. Ini sesuai dengan masa Hadean. **Masa keempat** adalah terjadinya proses evolusi pada planet bumi (bumi mengelilingi matahari), dan terbentuknya bulan dari lontaran sebagian kulit bumi yang selanjutnya berputar mengelilingi bumi. Pada **Masa Keempat** ini ditandai oleh penghamparan bumi. Masa ini sesuai dengan penemuan umur batuan tertua pada masa Arkean.

**Masa Kelima** yang ditandai oleh penciptaan kehidupan dan air, diduga masa ini berlanjut segera setelah penghamparan bumi di masa Arkean, mengingat adanya sisa-sisa kehidupan yang ditemukan di masa Arkean ini. **Masa Keenam** adalah masa pembentukan pegunungan. Ayat berikutnya dalam Surah Fuṣṣilat (10) menjelaskan bahwa Allah-lah yang telah mencipta gunung-gunung di permukaan bumi, sekaligus melimpahkan berkah atas keberadaan gunung-gunung itu di bumi. Gunung-gunung pun sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia dan makhluk lainnya. Seperti dijelaskan pada bab sebelumnya, pembentukan pegunungan mengikutsertakan proses pengangkatan batuan-batuan yang terbentuk sebelumnya dan proses magmatik yang bisa jadi disertai mineralisasi yang memungkinkan terbentukna mineral logam seperti Zn (seng), Cu (tembaga), Pb (timah hitam), Au (emas) dan lain sebagainya yang sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia. Contoh yang sangat baik adalah Pegunungan Jayawijaya di Papua.

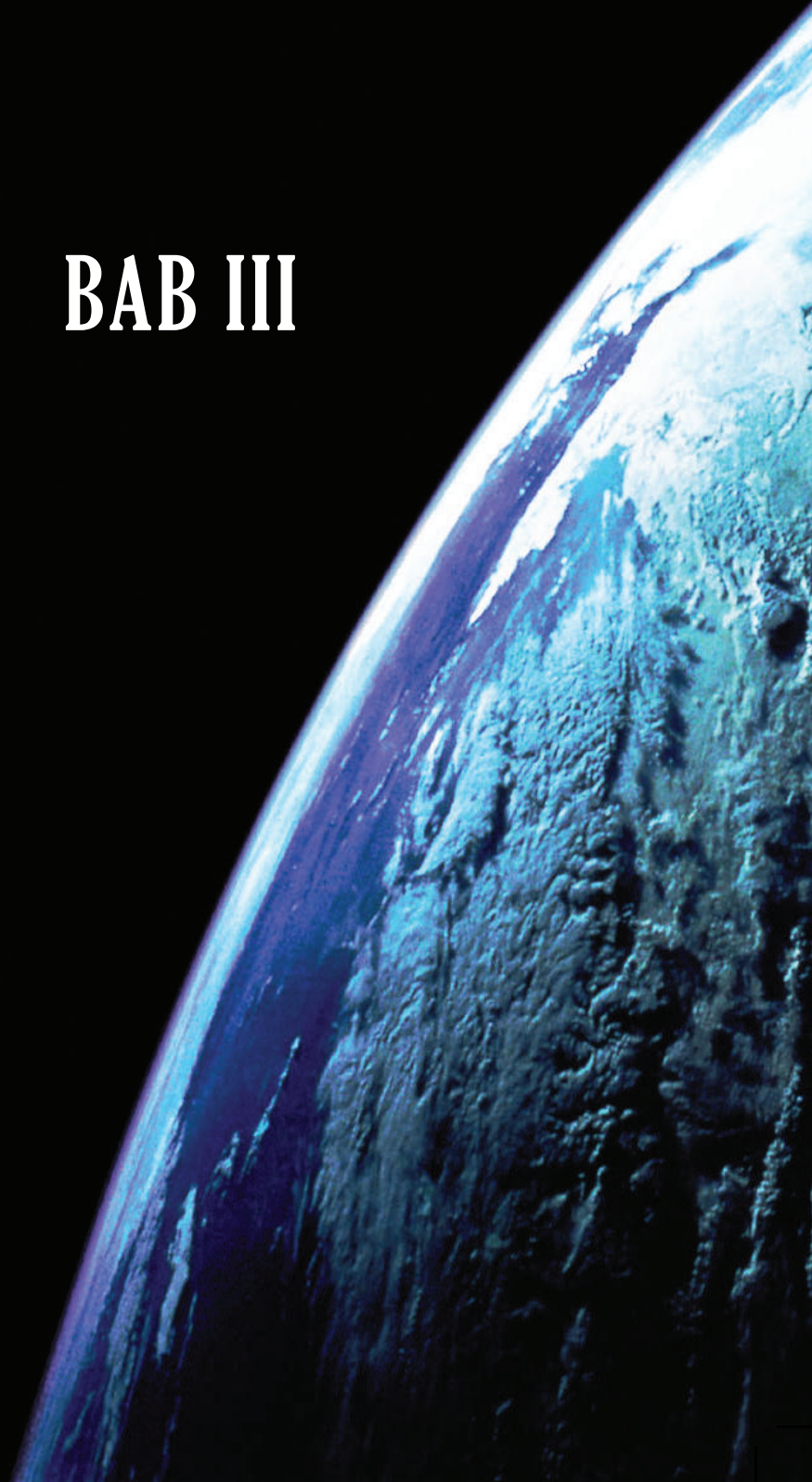
Gunung-gunung juga dapat menahan awan yang mengandung hujan, sehingga berkumpul dan bertindih-tindih, kemudian menjadi hujan. Gunung-gunung yang telah terangkat tidak terlepas dari pelapukan dan erosi. Hujan lambat laun menggerus gunung-gunung dan mengendapkan hasil erosinya ke dataran yang lebih rendah atau di wilayah lautan. Bisa jadi pada gunung-gunung yang terbentuk itu juga mengandung mineral yang bermanfaat bagi manusia. Proses erosi yang berjalan dalam waktu sangat lama, bisa ribuan bahkan jutaan tahun, telah memungkinkan terjadinya pemisahan mineral-mineral tertentu dari batuan induknya. *Subhanallah*, betapa manusia tidak perlu bersusah payah untuk memisahkan mineral yang diperlukannya dari batuan yang sangat keras tersebut. Contoh mudah adalah endapan timah yang banyak dijumpai di Pulau Bangka dan Pulau Belitung. *Maka nikmat Tuhanmu yang manakah yang kamu dustakan*? (ar-Rahman, 55).

Gunung-gunung, tetumbuhan dan pepohonan menjadi media yang memproses terjadinya makanan bagi manusia dan seluruh makhluk yang ada di bumi, hal ini terjadi setelah empat masa. Empat masa pada ayat ini dipahami sebagai masa ketiga, masa keempat, masa kelima dan masa keenam. Jadi setelah proses terbentuknya bumi berlangsung dua masa (masa ketiga dan keempat), proses selanjutnya yaitu penciptaan gunung-gunung yang diberkahi dan penyediaan makanan untuk makhluk di bumi yang memakan waktu sampai empat masa (yaitu dari masa ketiga sampai masa keenam). Penjelasan ini semua merupakan jawaban untuk orang-orang yang bertanya, juga sebagai jawaban dan jaminan bagi makhluk-makhluk hidup yang memerlukan makanan. Namun bisa jadi pada Masa Keenam, proses pembentukan makanan seperti yang terungkap dalam jejak kehidupan yang terekam pada formasi batuan yang berumur Proterozoikum (sebelum Fanerozoikum), yang diikuti oleh Era Paleozoikum, Mesozoikum dan Kenozoikum (lihat Bab-4).

Ayat 11 Surah Fuṣṣilat menjelaskan bahwa setelah itu semua, Allah kemudian mengarahkan perhatian-Nya ke langit yang waktu itu masih berupa asap. Allah lalu memerintahkan langit dan bumi untuk tunduk dan patuh pada ketentuan-Nya, baik dengan sukarela ataupun terpaksa. Keduanya pun datang dengan penuh ketaatan dan kepatuhan. Ini menunjukkan bahwa benda-benda langit itu taat sepenuhnya pada sunnatullāh, yaitu ketentuan dan hukum Allah yang berlaku pada seluruh alam ciptaan-Nya, yang biasa disebut hukum alam.

Ayat 12 menjelaskan bahwa Allah menetapkan langit ciptaan-Nya menjadi tujuh lapis langit yang kokoh dalam dua masa. Dua masa ini merupakan bagian dari penciptaan langit dan bumi yang enam masa. Dan Allah juga menetapkan pada tiap-tiap lapisan langit urusan atau tugas dan fungsinya masing-masing.

Salah satu pendapat memahami tujuh langit yang kokoh dengan lapisan-lapisan atmosfer, mulai yang terdekat sampai terjauh dari bumi, yaitu : (1) Troposphere. (2) Tropopause, (3) Stratosphere, (4) Stratopause, (5) Mesosphere, (6) Mesopause dan (7) Thermosphere. Pembagian ini berdasarkan temperatur (suhu) dari lapisan-lapisan atmosfer dan jaraknya dari permukaan bumi. Kekokohan lapisan-lapisan tersebut, dalam pengertian kokoh dalam menyelimuti bola bumi kita, karena adanya gaya gravitasi bumi. Tetapi pendapat tentang tujuh langit yang terbatas pada atmosfer bumi seperti itu akan bermasalah dengan pemaknaan "langit dunia" atau "langit yang dekat" yang berhias bintang-bintang seolah terpisah dari tujuh langit. Pembahasan rinci tentang hakikat tujuh langit ini dapat dibaca dalam buku *Penciptaan Jagat Raya dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*

# BAB III

# ANATOMI BUMI

Tema anatomi bumi mencakup bahasan tentang bentuk, ukuran, dan struktur bumi. Tentang tema ini, Allah tidak secara jelas menerangkannya dalam Al-Qur'an. Sebab, hal ini dapat diteliti secara mandiri oleh manusia, baik secara empirik maupun melalui pemikiran mendalam; Pemikiran dengan metode deduktif, analogi, maupun perbandingan.

## A. Bentuk dan Ukuran Bumi

Mengawali bahasan tentang bentuk dan ukuran bumi, perlu kiranya memperhatikan isyarat dan petunjuk yang terkandung dalam beberapa ayat berikut:

1. Surah al-Baqarah /2: 22

الَّذِيْ جَعَلَ لَكُمُ الْاَرْضَ فِرَاشًا وَّالسَّمَاۤءَ بِنَاۤءً

*(Dialah) yang menjadikan bumi sebagai hamparan bagimu dan langit sebagai atap.* (al-Baqarah /2: 22)

2. Surah Ṭāhā/20: 53

الَّذِيْ جَعَلَ لَكُمُ الْاَرْضَ مَهْدًا وَّسَلَكَ لَكُمْ فِيْهَا سُبُلًا وَّاَنْزَلَ مِنَ السَّمَاۤءِ مَاۤءًۗ فَاَخْرَجْنَا بِهٖٓ اَزْوَاجًا مِّنْ نَّبَاتٍ شَتّٰى

*(Tuhan) yang telah menjadikan bumi sebagai hamparan bagimu, dan menjadikan jalan-jalan di atasnya bagimu, dan yang menurunkan air (hujan) dari langit." Kemudian Kami tumbuhkan dengannya (air hujan itu) berjenis-jenis aneka macam tumbuh-tumbuhan.* (Ṭāhā/20: 53)

3. Surah Nūḥ/71: 19-20

وَاللّٰهُ جَعَلَ لَكُمُ الْاَرْضَ بِسَاطًاۙ ﴿١٩﴾ لِّتَسْلُكُوْا

مِنْهَا سُبُلًا فِجَاجًا ﴿٢٠﴾

*Dan Allah menjadikan bumi untukmu sebagai hamparan, agar kamu dapat pergi kian kemari di jalan-jalan yang luas.* (Nūḥ/71: 19-20)

خَلَقَ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضَ بِالْحَقِّۚ يُكَوِّرُ الَّيْلَ
عَلَى النَّهَارِ وَيُكَوِّرُ النَّهَارَ عَلَى الَّيْلِ وَسَخَّرَ
الشَّمْسَ وَالْقَمَرَۗ كُلٌّ يَّجْرِيْ لِاَجَلٍ
مُّسَمًّىۗ اَلَا هُوَ الْعَزِيْزُ الْغَفَّارُ

*Dia menciptakan langit dan bumi dengan (tujuan) yang benar; Dia menutupkan malam atas siang dan menutupkan siang atas malam dan menundukkan matahari dan bulan, masing-masing berjalan menurut waktu yang ditentukan. ingatlah Dialah yang Maha Perkasa lagi Maha Pengampun.* (Az-Zumar/39: 5)

# TAFSIR

AYAT 22 SURAH AL-BAQARAH menerangkan bahwa Allah membuat bumi sebagai hamparan yang luas tempat kehidupan manusia dan berbagai makhluk-Nya dengan langit sebagai atapnya. Allah juga menurunkan hujan dari langit yang selanjutnya menumbuhkan berbagai macam tumbuhan serta menghasilkan beragam sayur dan buah-buahan. Semuanya menjadi rezeki yang dibutuhkan manusia dan makhluk lainnya.

Bumi merupakan hamparan luas, karena meski bentuknya mendekati bundar seperti bola, tetapi karena sangat besar dibanding ukuran manusia, maka permukaannya tampak datar dan luas terhampar. Seperti diketahui, manusia pada umumnya menempati wilayah-wilayah dataran, baik tinggi maupun rendah *(al-mahdu)*, yang subur. Daerah-daerah dataran tersebut terbentuk

***Firāsyan*** **(al-Baqarah/2: 22)**

*Firāsyan* adalah bentuk *maṣdar* dari kata kerja *farasya yafrusyu farsyan wa firāsyan*, artinya membentangkan. *Firāsy* juga berarti kasur, tilam, dan karpet. Kata *firāsyan* dalam ayat 22 Surah al-Baqarah berkedudukan sebagai *maf'ūl muṭlaq*. Maksudnya, Allah menjadikan permukaan bumi ini sebagai kasur atau bentangan yang luas, meskipun bentuk bumi ini mendekati bundar seperti bola. Dengan ukuran relatif sangat besar dibanding ukuran manusia, permukaan bumi bak hamparan luas dan tidak terasa lengkungan bolanya.

***Mahdan*** **(Ṭāhā/20: 53)**

*Mahdan* artinya hamparan, berasal dari kata kerja *mahada yamhadu mahdan*, artinya meratakan, membentangkan. *al-Mahdu* berarti dataran rendah. Kata *mahdan* dalam ayat 53 Surah Ṭāhā juga berkedudukan sebagai *maf'ūl muṭlaq*. Maksudnya, Allah menjadikan bumi ini sebagai hamparan. Jadi bumi yang bentuknya mendekati bentuk bola, tetapi karena ukurannya yang sangat besar, permukaannya tampak datar dan luas sekali, bak hamparan saja. Kata *mahdan* dalam Al-Qur'an disebut dua kali, yaitu pada Surah Ṭāhā/20: 53 ini dan Surah az-Zukhruf/43: 10 dalam penulisan yang sama.

melalui proses geologi dalam kurun waktu yang sangat panjang, hingga jutaan tahun dalam ukuran manusia. Proses bisa dimulai dari pembentukan pegunungan. Sejalan seiring dengan itu, proses pelapukan dan erosi terjadi untuk kemudian berlanjut ke proses pengendapan. Material-material hasil pelapukan dan erosi dihamparkan dan diendapkan di dataran yang lebih rendah antara lain sebagai hamparan kipas endapan sungai. Hamparan-hamparan tersebut bisa jadi mengandung mineral yang dibawa dari batuan induknya yang dibutuhkan oleh tumbuhan. Dengan melimpahnya air, baik yang dibawa oleh hujan maupun sungai, wilayah tersebut menjadi subur dan karenanya menjadi sentra kehidupan manusia. Semua itu diatur Allah yang Maha Esa dengan sistem pengaturan yang terpadu dan berlangsung secara harmonis. Sebab, sumber pengaturan itu satu, satu kebijakan, satu arah dan tujuan, yaitu kehidupan yang baik, damai, teratur dan berkeseimbangan.

Ayat 5 surah az-Zumar memberi isyarat tentang sifat bumi, bentuk sekaligus geraknya. Ayat tersebut menyatakan bahwa Allah menutupkan malam atas siang dan siang atas malam. Andaikan bumi sebagai hamparan dan matahari yang mengelilingi hamparan bumi (seperti dalam konsep lama), yang terjadi daerah siang akan serempak seluruh bumi, demikian juga daerah malam. Ibarat lampu senter disorotkan mengelilingi sekeping uang logam, gelap dan terang berlangsung mendadak. Ayat itu menjelaskan siang ditutupkan atas malam dan malam atas siang. Artinya ada proses peralihan yang sifatnya gradual, sedikit demi sedikit. Hal ini hanya dapat dijelaskan bila bumi berbentuk seperti bola dan berotasi di hadapan matahari. Dengan demikian bagian yang menghadap matahari merupakan daerah siang dan bagian yang membelakangi matahari merupakan daerah malam. Fenomena yang dijelaskan pada ayat tersebut jelas terlihat pada wilayah terminator, wilayah batas antara malam dan siang, kalau kita lihat dari antariksa. Di wilayah terminator magrib

**_Bisāṭan_ (Nūḥ/71: 19)**

*Bisāṭan* artinya hamparan, bentuk *maṣdar* dari kata kerja *basaṭa yabsuṭu basṭan wa bisāṭan*. Kata kerja ini mempunyai banyak arti, antara lain sederhana, datar, dan rata. *Bisāṭan* Surah Nuh/71: 19 ini juga berkedudukan sebagai *maf'ūl muṭlaq*. Maksudnya juga sama dengan lafal *firāsyan* dan *mahdan*, yaitu permukaan bumi terasa datar dan luas sekali karena besarnya bola bumi. Manusia pun merasa nyaman untuk berjalan, tidur, maupun bekerja. Dalam melaksanakan segala kegiatannya, manusia tetap tenang dan tidak merasakan bumi ini sedang berputar sangat kencang.

***Fijājan (Nūḥ/71:20)***

*Fijājan* jamak dari kata *fajj* yang artinya jalan yang luas. (tafsir aṭ-Ṭanṭāwī)

***Yukawwiru (Az-Zumar/39:5)***

*Yukawwiru*: menurut aṭ-Ṭanṭāwī, ini adalah ungkapan yang mengagumkan… bumi yang tertutup ini berputar di sekitar dirinya menghadap matahari, bagian yang menghadap matahari terkena sinar ini menjadi siang, tapi ini tidak tetap karena bumi berputar, ketika bagian ini bergerak maka mulailah malam.…

***Tahtadūn (Az-Zumar/39:5)***

*La'allakum tahtadūn*: (dengan jalan itu) kamu bisa sampai ke tempat yang kamu inginkan tanpa ragu ataupun sesat. (tafsir aṭ-Ṭanṭāwī)

akan tampak wilayah gelap (malam) secara perlahan menutup wilayah terang (siang). Sebaliknya di wilayah pagi akan tampak wilayah terang (siang) menutup wilayah gelap (malam) secara perlahan. Ayat ini juga sekaligus menjelaskan proses terbit dan terbenamnya matahari bukan disebabkan oleh gerakan matahari mengelilingi bumi, melainkan oleh gerakan rotasi bola bumi.

Bentuk bumi yang bulat sebenarnya dapat dilihat dari fenomena kapal yang sedang berlayar di laut. Semakin jauh, kapal terlihat semakin mengecil dan akhirnya menghilang di horizon. Adalah bangsa Yunani Kuno yang pertama kali menyadari bahwa bumi itu bulat. Pengamatan mereka terhadap kapal-kapal yang sedang berlayar maupun dari peristiwa gerhana bulan menuntun pendapat mereka bahwa bumi itu bulat.

Namun menurut beberapa ahli, dengan memperhatikan keadaan bumi dan mencoba mengukurnya, diperoleh gambaran bahwa bumi ini tidak bundar betul, tetapi pepat pada bagian kutub-kutubnya. Jari-jari bumi rata-rata sekitar 6.371 km, sedangkan jari-jari bumi ekuatrial sekitar 6.378 km. Adapun luas permukaan bumi sekitar 510 juta km2 di mana 71 % berupa lautan dan 29 % berupa daratan (Wyllie, 1971).

Bagi mereka yang dianugerahi kepandaian di atas rata-rata, seperti Eratosthenes, lahir di Cyrene (kini Libia) pada tahun 276 SM, tampak begitu mudah menghitung keliling bumi. Dengan hanya menggunakan alat bantu galah dan sumur, Eratosthenes dapat menentukan keliling bumi yang besarnya adalah sekitar 250.000 stade (1 stade bangsa Mesir = 157 m). Dengan demikian, keliling bumi yang diukur oleh Eratosthenes adalah sekitar 39.250 km atau lebih kecil sekitar 2% dari keliling bumi sebenarnya yakni sekitar 40.100 km (Singh, 2004).

Simon Singh (2004) dalam bukunya, *Big Bang*, menjelaskan secara sederhana penghitungan keliling bumi yang dilakukan oleh Eratosthenes sebagai berikut. Seperti diketahui, sinar matahari jatuh ke bumi dalam keadaan sejajar. Dengan mengunakan prinsip tersebut, Eratosthenes membuat pengamatan di Syene dan Alexandria. Di Alexandria, Eratostehenes memancangkan galahnya setegak lurus mungkin dan mengamati bayangan galah. Ia pun mendapatkan sudut sebesar 7,20º. Dengan membayangkan bahwa sinar yang jatuh dalam sumur di Syene dan garis perpanjangan galahnya akan berpotongan di pusat bumi dan membentuk sudut 7,20º, ia mendapatkan perbandingan sudut yang dibentuk antara Syene dan Alexandria dengan keliling bumi adalah 7,20/3600 atau 1/50. Karena jarak antara Syene dan Alexandria sekitar 5000 stade, maka dengan mudah diperoleh keliling bumi, yakni 250.000 stade. Dengan mengetahui keliling bumi, Eratosthenes dapat menghitung keliling bulan dan matahari berikut jaraknya melalui pengamatan gerhana bulan.

Bumi senantiasa bergerak, berotasi pada sumbunya dan bergerak eliptikal mengelilingi matahari. Bumi merupakan salah satu planet dalam sistem tata surya yang merupakan salah satu dari ratusan miliar bintang di galaksi Bimasakti. Bumi diselimuti oleh hidrosfer, atmosfer dan magnetosfer, yang melindungi bumi dari radiasi dan bombardemen benda-benda angkasa, seperti meteorit dan lain-lain. Hampir sebagian hidrosfer mengisi cekungan-cekungan bumi dalam bentuk

lautan, dan sebagian yang lain berada di kerak bumi dan atmosfer.

لَقَدْ اَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنٰتِ وَاَنْزَلْنَا مَعَهُمُ
الْكِتٰبَ وَالْمِيْزَانَ لِيَقُوْمَ النَّاسُ بِالْقِسْطِۚ
وَاَنْزَلْنَا الْحَدِيْدَ فِيْهِ بَأْسٌ شَدِيْدٌ وَّمَنَافِعُ لِلنَّاسِ
وَلِيَعْلَمَ اللّٰهُ مَنْ يَّنْصُرُهٗ وَرُسُلَهٗ بِالْغَيْبِۗ اِنَّ اللّٰهَ
قَوِيٌّ عَزِيْزٌ

*Sungguh, Kami telah mengutus rasul-rasul Kami dengan bukti-bukti yang nyata dan kami turunkan bersama mereka kitab dan neraca (keadilan) agar manusia dapat berlaku adil. Dan Kami menciptakan besi yang mempunyai kekuatan, hebat dan banyak manfaat bagi manusia, dan agar Allah menge-tahui siapa yang menolong (agama)-Nya dan rasul-rasul-Nya walaupun (Allah) tidak dilihatnya. Sesungguhnya Allah Mahakuat, Mahaperkasa.* (al-Ḥadīd/57:25)

وَجَعَلْنَا السَّمَاۤءَ سَقْفًا مَّحْفُوْظًاۚ وَهُمْ عَنْ
اٰيٰتِهَا مُعْرِضُوْنَ

*Dan Kami menjadikan langit sebagai atap yang terpelihara, namun mereka tetap berpaling dari tanda-tanda (kebesaran Allah) itu (matahari, bulan, angin, awan, dan lain-lain).* (al-Anbiyā´/21:32)

Bumi memiliki sifat-sifat fisis, antara lain memiliki medan magnetik, medan gaya berat (*gravity*), medan elektromagnetik, dan dapat menghantarkan gelombang-gelombang elastik. Dengan menggunakan sifat-sifat fisis ini, manusia mampu melihat apa yang terdapat di dalam bumi. Selain itu, dengan menggunakan sifat-sifat tersebut, manusia dapat mengembangkan teknik-teknik eksplorasi pencarian sumber daya bumi yang diperlukan bagi kelangsungan hidupnya. Pencarian minyak bumi misalnya, banyak menggunakan metode seismik yang dikembangkan berdasarkan sifat fisis bumi yang mampu menjalarkan gelombang elastik. Metode-metode gaya berat, magnetik, maupun elektromagnetik juga digunakan dalam pencarian sumber daya bumi. Ayat 191 Surah Āli 'Imrān mengingatkan kita semua bahwa sungguh ciptaan Allah tiada yang sia-sia.

Ayat 19-20 Surah Nūḥ juga menerangkan hal yang sama, bahwa Allah menjadikan bumi sebagai hamparan dan menyiapkan bagi makhluk-Nya untuk tempat menetap, berpijak, dan mengayunkan kaki. Bumi dilengkapi juga dengan jalan-jalan agar mereka dapat berkunjung dari satu tempat ke tempat yang lain, dekat maupun jauh. Berbagai aktivitas dapat dilaksanakan untuk kepentingan hidup dan penghidupan, kepentingan ekonomi, perdagangan, pendidikan, kegiatan sosial, dan lain-lain.

Selain menegaskan hal yang sama, firman Allah lainnya bahkan mengingatkan manusia agar selalu berusaha menemukan jalan yang benar.

وَجَعَلْنَا فِيْهَا فِجَاجًا سُبُلًا لَّعَلَّهُمْ يَهْتَدُوْنَ

*Dan Kami telah menjadikan di bumi ini gunung-gunung yang kokoh agar ia (tidak) guncang bersama mereka, dan Kami jadikan (pula) di sana jalan-jalan yang luas, agar mereka mendapat petunjuk.* (al-Anbiyā'/21: 31)

Inilah bagian nikmat Allah yang dilimpahkan kepada manusia sebagai fasilitas dalam menjalankan fungsi dan tugasnya sebagai khalifah di bumi. Untuk semua itu, manusia memang perlu kehidupan yang tenang dan tenteram, memahami posisi dan lingkungannya, serta mengetahui ke arah mana pun jalan yang dituju.

## B. Struktur Bumi

Tentang struktur bumi, Allah tidak menerangkan secara jelas. Mungkin karena hal itu memang dapat diketahui manusia melalui berbagai penelitian. Beberapa ayat Al-Qur'an yang memberi isyarat dan petunjuk tentang ini dapat diperhatikan misalnya dalam Surah aṭ-Ṭalāq /65: 12 berikut:

1. Surah aṭ-Ṭalāq/65: 12

*Allah yang menciptakan tujuh langit dan dari (penciptaan) bumi juga serupa. Perintah Allah berlaku padanya, agar kamu mengetahui bahwa Allah Mahakuasa atas segala sesuatu, dan ilmu Allah benar-benar meliputi segala sesuatu.*
(aṭ-Ṭalāq/65: 12)

*Dan Dia menancapkan gunung di bumi agar bumi itu tidak goncang bersama kamu, (dan Dia menciptakan) sungai-sungai dan jalan-jalan agar kamu mendapat petunjuk*
(an-Naḫl/16:15)

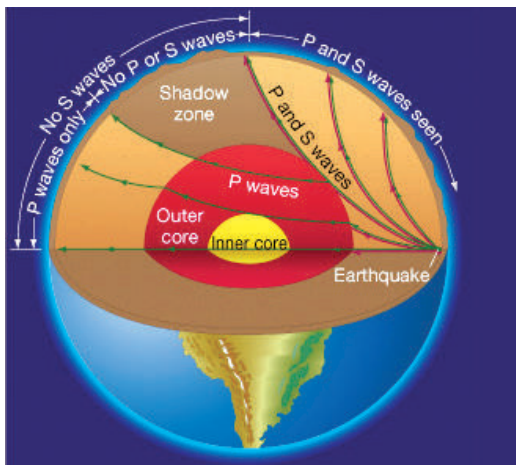
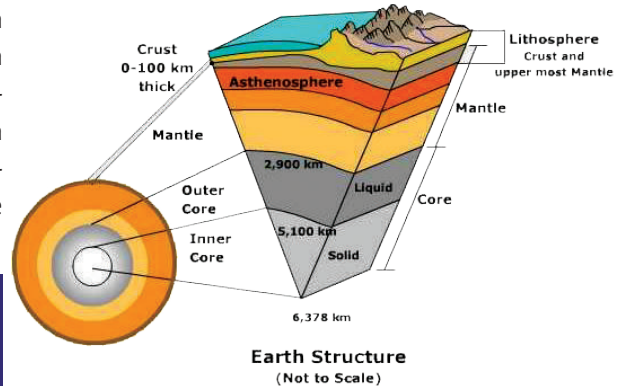
**_Rawāsiya (An-Naḫl/16: 15)_**

*Rawāsiya* artinya gunung-gunung (jamak). Mufradnya, rāsī, dari kata kerja: *rasā yarsū raswan atau rusuwwan*, yang berarti tetap, tegak. Bentuk isim makan-nya marsa, artinya tempat berlabuh yang tetap atau pelabuhan. *ar-Rāsī* berarti yang membuang sauh, yang tetap, atau gunung. Ayat 16 Surah an-Naḫl menerangkan bahwa Allah menciptakan gunung-gunung dipermukaan bumi di sepanjang pertemuan antarlempeng benua agar manusia dan makhluk lain dipermukaan bumi tidak terguncang karena getaran gempa akibat pergeseran lempeng bumi.

# TAFSIR

KEDUA AYAT DI ATAS menerangkan bahwa penciptaan langit, bumi, serta berbagai kelengkapan hidup manusia di permukaan bumi dalam kerangka memenuhi kebutuhan manusia. Maka, sudah seharusnya semua itu diperhatikan, dipahami, dan

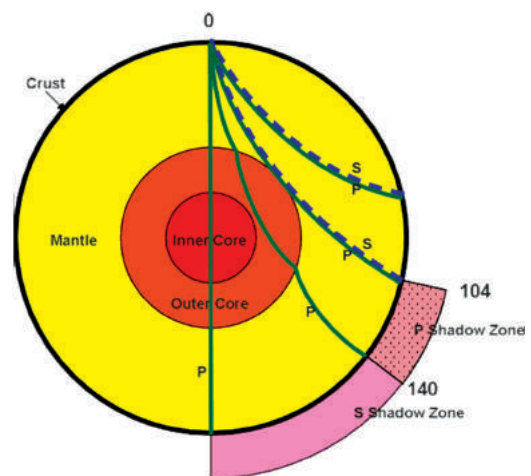
direnungkan. Dengan itu, diharapkan akan menambah keimanan kepada Allah, dan menambah keluasan ilmu pengetahuan tentang ciptaan-Nya. Dapat pula, memanfaatkan semua dengan benar sesuai dengan yang dikehendaki-Nya.

Sebagaimana bentuk bumi yang bundar, informasi tentang struktur bumi, komponen apa saja yang terdapat dalam perut bumi, juga tidak dirinci dalam Al-Qur'an karena dapat diketahui oleh kelompok-kelompok manusia yang mempergunakan akalnya dengan mengadakan penelitian dan survei. Beberapa ahli geologi mengatakan bahwa kalau ditelaah, struktur bumi dapat dibayangkan seperti "bawang". Hanya saja, bumi bentuknya mendekati bundar. Bumi terdiri dari satu seri lapisan-lapisan bola (*concentric shell*). Secara berturut-turut dari bagian paling dalam, lapisan bumi terdiri dari: inti bumi bagian dalam (*inner core*), inti bumi bagian luar (*outer core*), mantel bumi bagian dalam (*inner mantel*), mantel bumi bagian luar (*upper mantel*), *astenosfer, litosfer*, dan *kerak bumi*. Setiap lapisan memiliki sifat-sifat fisis tertentu yang umumnya diperoleh dari pengamatan penjalaran gelombang-gelombang seismik yang dipancarkan ke segala arah saat gempa bumi terjadi.

Gambar 3.1 di atas memperlihatkan bagaimana irisan bumi beserta bagian-bagiannya. Pada kedalaman 5100-6378 km, terdapat inti bumi bagian dalam yang padat, di bagian atasnya sampai kedalaman 2900 km terdapat inti bumi bagian luar yang bersifat cair. Di atas inti bumi bagian luar, adalah mantel bumi. Bagian ini berbatasan dengan kerak bumi pada kedalaman yang sangat bervariasi dari 0-100 km (Gambar-3.2). Di wilayah samudera, mantel berbatasan dengan kerak bumi pada kedalaman sekitar puluhan kilometer, tetapi di daratan mencapai 100 km. Mantel bumi dibagi menjadi dua bagian, yaitu mantel bumi bagian bawah dan mantel bumi bagian atas. Pada mantel bumi bagian atas, terdapat astenosfer dan di atasnya ada litosfer yang di dalamnya termasuk kerak bumi. Secara keseluruhan irisan ideal bumi yang memperlihatkan anatomi bumi digambarkan pada Gambar-3.2

**Gambar 3-2:** Irisan yang memperlihatkan anatomi bumi (www.uwsp.edu/.../tectonics/earth_structure.jpg)

**Gambar 3-1:** Penjalaran gelombang gempa menembus bumi ke bumi yang menunjukkan gelombang P dapat menembus media padat dan cair (inti bumi bagian dalam dan luar), sedang gelombang S tidak mampu menjalar pada media cair (inti bumi bagian luar). Dengan mempelajari penjalaran tersebut , diketahui inti bumi bagian luar bersifat cair sedangkan inti bumi bagian dalam bersifat padat (www.astro.virginia.edu/class/oconnell)

## Bagaimana Mengetahui Anatomi Bumi?

Dengan menggunakan sifat-sifat fisis bumi, seperti gaya berat, magnetik, maupun elektromagnetik, para ilmuwan dapat mengetahui anotomi bumi. Namun sumbangan terbesar untuk mengetahui anatomi bumi didapat dari analisis gelombang elastik yang berasal dari gempa bumi. Seperti telah dijelaskan sebelumnya, bumi memiliki yang sifat fisis yang dapat menjalarkan gelombang elastik. Ketika gempa bumi terjadi, gelombang elastik menjalar dari sumber gempa ke seluruh penjuru sudut bumi. Gelombang-gelombang ini tertangkap oleh alat pencatat gempa yang disebut seismograf. Dengan mengetahui gelombang yang tercatat di seismograf, para ahli dapat mengetahui di mana letak sumber gempa bumi maupun media yang dilaluinya.

Secara umum, gelombang elastik dapat dibagi menjadi dua, yakni: *pertama*, gelombang longitudinal atau sering disebut gelombang P (*Primary Wave*). Saat gempa terjadi, gelombang P inilah yang diterima seismograf; dan *kedua*, gelombang traversal atau sering disebut gelombang S (*Secondary Wave*), yaitu gelombang yang datang setelah gelombang P. Jadi jelas bahwa gelombang P memiliki kecepatan lebih tinggi dibanding gelombang S, di mana kecepatan gelombang P sekitar 6-8 km/detik, dan kecepatan gelombang S kisarannya setengah kecepatan gelombang P. Gelombang-gelombang ini membawa informasi tentang media yang dilewatinya. Jadi dengan menganalisis gelombang-gelombang yang datang, kita bisa mengetahui *anatomi* bumi. Sebagai contoh, bagaimana kita dapat mengetahui bahwa inti bumi bagian luar bersifat cair dan inti bumi bagian dalam bersifat padat? Perlu diketahui bahwa gelombang P memiliki sifat antara lain mampu menembus media padat maupun cair. Sedangkan gelombang S hanya mampu menjalar dalam media padat. Dengan menggunakan sifat-sifat tersebut maka dapat diketahui anatomi terdalam inti bumi.

**Gambar 3.3:** Skematik gambar penjalaran gelombang gempa menembus bumi. Gelombang P dapat menembus media padat dan cair, sedang gelombang S tidak mampu menjalar pada media cair. Dengan sifat tersebut, diketahui inti bumi bagian luar bersifat cair sedangkan inti bumi bagian dalam bersifat padat.

Gambar 3.3 di atas memperlihatkan secara grafis ideal bagaimana gelombang gempa menjalar dari sumber gempa ke bagian dari bumi lainnya. Pada gambar tersebut diperlihatkan bagaimana gelombang P dan S yang menjalar melalui bagian mantel, sedang pada inti bumi bagian luar gelombang hanya meneruskan gelombang P. Di bagian lain, dimana diperkirakan gelombang gempa menembus inti bumi, kita hanya merekam gelombang

P. Dengan demikian inti bumi bagian luar bersifat cair sedangkan inti bumi bagian dalam bersifat padat.

Di samping itu, beberapa bidang diskontinu juga ditemui pada kedalaman-kedalaman tertentu. Bidang-bidang ini menambah anatomi bumi lebih rinci. Perubahan gelombang seismik terjadi pada kedalaman sekitar 50 km. Bidang yang disebut dengan bidang Moho, yang diambil dari nama penemunya Mohorovicic, ini membatasi antara mantel bagian atas dan kerak bumi.

Dalam Surah aṭ-Ṭalāq/65: 12, dijelaskan bahwa Allah menciptakan tujuh langit dan demikian juga bumi. Angka tujuh ini bisa ditafsirkan sebagai bilangan banyak. Ayat "dari (penciptaan) bumi serupa itu" bisa ditafsirkan dua hal. Pertama, "tujuh langit" bermakna benda-benda langit yang sangat banyak, maka bumi pun bukan satu-satunya, tetapi ada banyak planet serupa bumi. Kedua, "tujuh langit" yang pada ayat lain disebut "tujuh langit bertingkat-tingkat", maka bumi pun mempunyai bagian-bagian yang bertingkat-tingkat, berlapis-lapis.Bisa jadi seperti dalam Gambar 4, jumlah lapisan bumi adalah tujuh. Namun bisa jadi juga hanya 5 atau 6 lapisan atau bisa lebih dari 7, tergantung tingkat kerincian kita dalam menganalisis data hasil pengamatan yang diperoleh.

Hal yang patut direnungkan adalah gempa yang seringkali menyebabkan bencana dapat menimbulkan gelombang seismik yang memiliki manfaat lain. Gempa menyebarkan gelombang seismik ke seluruh penjuru bola bumi dan pantul-memantul dari satu sisi ke sisi lain sehingga dapat memberikan informasi tentang isi bumi, tentang ketebalan lapisan-lapisan bumi, komponen-komponen yang ada di dalamnya, dan lain sebagainya. Sungguh tidak ada yang sia-sia dari ciptaan Allah, tergantung pada manusia bagaimana supaya dapat memahami dan mengambil manfaat serta faedahnya.

## Gaya Berat Bumi

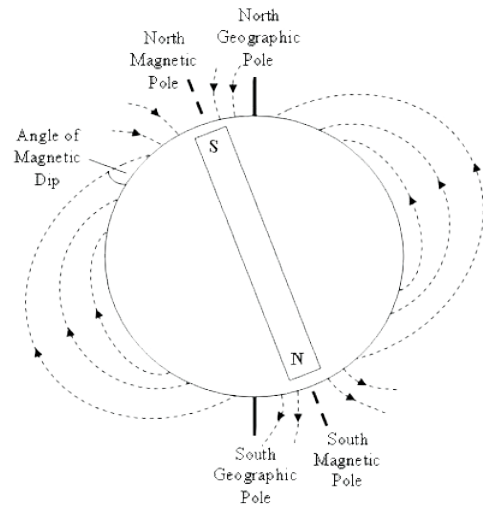
Surah an-Naḥl/16:15 secara eksplisit menyebutkan fungsi gunung untuk menstabilkan bumi agar tidak goncang. Gunung yang berada pada pertemuan lempeng yang rentan gempa berfungsi seperti pemberat yang meredam getaran lempeng yang bergeser yang kita rasakan sebagai gempa. Massa gunung yang besar berarti juga mempunyai berat yang besar pula. Secara umum massa terkait dengan gaya berat atau gravitasi. Bumi mempunyai gravitasi atau gaya berat yang sifat-sifatnya dapat dimanfaatkan untuk mempelajari anatomi bumi itu sendiri.

Kita sering mendengar gravitasi yang merupakan gaya tarik-menarik benda-benda di jagat raya, termasuk bumi kita. Gravitasi disebabkan adanya massa (kandungan materi) pada benda-benda tersebut. Semakin besar massanya dan semakin dekat jaraknya, semakin besar pula gaya tarik suatu benda terhadap benda lainnya. Bumi dengan massa yang sangat besar memiliki gaya tarik bumi yang besar pula. Gaya tarik tersebut kita rasakan sebagai gaya berat sehingga para ahli juga menyebutnya gaya berat. Bila bumi bulat dan homogen maka nilai gaya berat dari satu tempat ke tempat lain adalah sama. Pada kenyataannya, bumi tidak homogen, tetapi heterogen di mana kita dapat menjumpai adanya lembah, pengunungan, cekungan-cekungan yang diisi oleh batuan, sedimen, lautan, dan sebagainya. Akibat keheterogenan ini, nilai gaya berat dari satu tempat ke tempat lain tidak sama. Sebagai contoh, nilai gaya berat

di ekuator lebih kecil dibandingkan di kutub karena di ekuator jarak dari pusat bumi lebih besar dibandingkan di luar ekuator.Nilai gaya berat ini dapat diukur dengan menggunakan alat yang disebut gravimeter. Secara umum gaya berat tergantung pada akumulasi massa di tempat tersebut dan ketinggian (jarak dari pusat bumi) tempat tersebut.

Perbedaan nilai gaya berat antar tempat ini kemudian dimanfaatkan oleh para ahli geofisika untuk mempelajari struktur bumi yang terkait dengan dinamika bumi, bahkan untuk pencarian-pencarian sumber daya bumi seperti minyak bumi dan panas bumi. Karena perbedaan tersebut demikian kecil maka dirancang gravimeter khusus yang dapat merekam perbedaan tersebut. Di bagian paling atas bumi (kerak bumi), struktur maupun jenis batuannya sangat heterogen dengan rapat masa yang beragam pula. Keragaman inilah yang menyumbangkan perbedaan nilai gaya berat. Dengan demikian, para ahli geofisika dapat malacak balik keberagaman tersebut melalui model-model yang mereka kembangkan. Kembali kita dapat melihat sungguh tiada yang sia-sia dari ciptaan Allah (Āli 'Imrān/3: 191).

## Magnet Bumi

Bumi juga merupakan benda magnet raksasa dengan dua kutubnya, kutub positif di utara (U) dan kutub negatif di selatan (S). Letak kedua kutub tersebut hampir berdekatan dengan U dan S geografi, serta agak melenceng dari sumbu rotasi (Wyllie, 1971). Gambar-5 adalah ilustrasi mengenai medan magnet bumi. Pada gambar tersebut tampak garis-garis maya magnetik masuk di kutub utara magnet dan keluar dari kutub selatan magnet.

**Gambar 3-4:** Medan magnet bumi yang memperlihatkan posisi kutub-kutub magnet. Letak kutub-kutub magnet tidak berimpit dengan geografi (http://www.acecrc.sipex.aq/access/media/library)

Asal usul kemagnetan ini dijelaskan dengan teori dinamo dan tidak terlepas dari anatomi inti bumi bagian luar yang bersifat cair dan bersuhu tinggi. Gerakan dinamis material yang bersifat cair ini menimbulkan arus listrik dan boleh jadi menginduksi terjadinya medan magnet melalui fenomena yang disebut magneto-hidrodinamik (Wyllie, 1971). Medan magnet bumi membentuk magnetosfer yang melindungi bumi dan kehidupan yang ada di atasnya dari radiasi yang berasal dari matahari.

Selain manfaat di atas, cukup banyak manfaat medan magnet bumi. Salah satunya sebagai penunjuk arah, di mana salah satu kegunaan praktisnya adalah untuk menentukan arah kiblat dengan menggunakan kompas magnetik saat kita hendak menunaikan salat.

Dalam ilmu kebumian, para ahli menggunakannya untuk berbagai hal.

Seperti diketahui batuan di bumi khususnya batuan beku yang berasal dari magma, senantiasa merekam medan magnet saat batuan tersebut terbentuk. Hal ini disebabkan batuan tersebut mengandung mineral-mineral yang bersifat magnetik. Sebagai contoh batuan-batuan yang terbentuk 100 juta tahun yang lalu merekam medan magnet yang melingkup bumi saat itu. Dengan membaca kembali medan magnet yang tersimpan dalam batuan tersebut para ahli kebumian dapat mengetahui posisi asal benua ataupun gugusan pulau-pulau yang bisa jadi letaknya jauh dari posisinya yang sekarang ini (lihat Bab v. Kembali kita diingatkan oleh firman Allah dalam Surah an-Naml 27/88 dan asy-Syūrā/42:32.

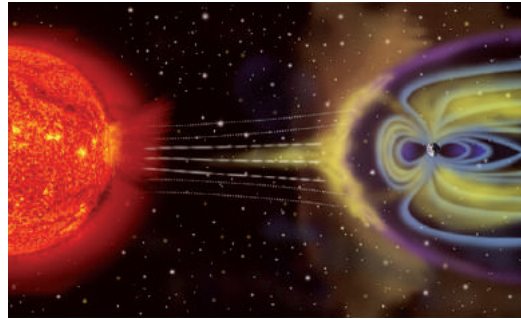
وَتَرَى الْجِبَالَ تَحْسَبُهَا جَامِدَةً وَّهِيَ تَمُرُّ مَرَّ السَّحَابِ

*Dan kamu lihat gunung-gunung itu, kamu sangka ia tetap di tempatnya, padahal ia bergerak seperti awan...* (an-Naml, 27/88)

وَمِنْ اٰيٰتِهِ الْجَوَارِ فِى الْبَحْرِ كَالْاَعْلَامِ

*Dan di antara tanda-tanda kekuasaanNya ialah kapal-kapal [yang berlayar] di laut seperti gunung-gunung* (asy-Syūrā, 42:32)

Bentuk Pulau Sulawesi yang menyerupai huruf K adalah contoh indah di mana tiap kakinya berasal dari tempat yang berlainan dan dipisahkan oleh jarak yang sangat jauh (Hall, lihat bab V). Lebih jauh, dari rekaman magnet yang tersimpan dalam batuan pula diketahui bahwa kutub-kutub magnet bergerak (*polar wandering*) dan bahkan letak kutub bertukar tempat. Pola tukar tempat yang terekam oleh batuan di dasar laut yang tergambar dengan pola magnetik bolak-balik yang simetri ini pada akhirnya menuntun para ilmuwan pada konsep pemekaran samudra. Pada gilirannya kelak bersama teori apungan benua, yang sejak awal abad ke 20 menjadi bahan perdebatan, menjadi landasan lahirnya teori tektonik lempeng.

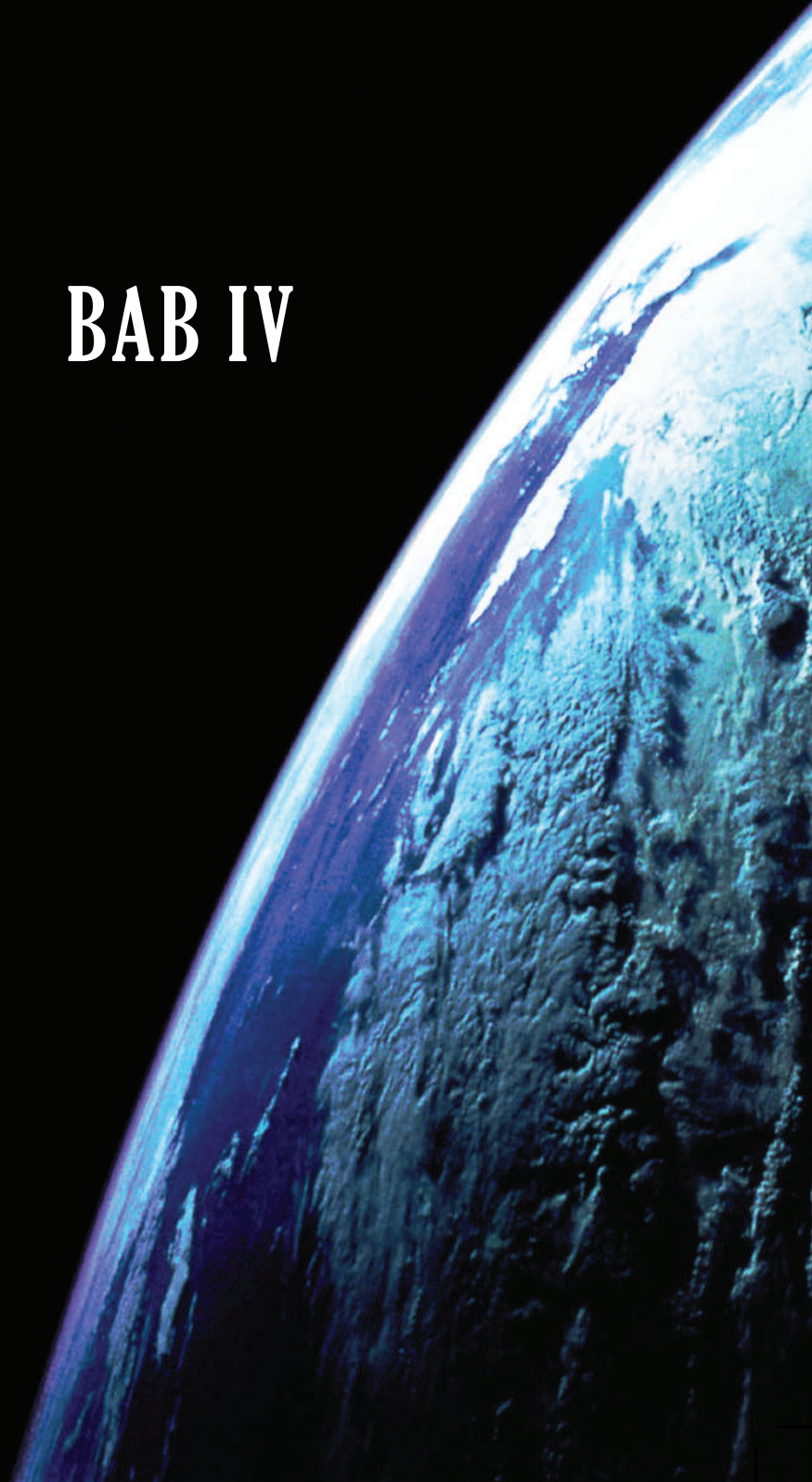
Setyana (2009), salah seorang ahli geofisika Indonesia, dalam tulisannya dengan judul yang sangat menarik "Kekuatan Tersembunyi Bumi: Yang Melindungi dan Membimbing" menjelaskan dengan bahasa populer bagaimana medan magnet melindungi dari serbuan radiasi proton dan elektron dari Matahari sehingga rantai makan global tidak rusak dan epidemi kanker terhindarkan.

**Gambar 3-5:** Magnetosfer yang melindungi bumi dari serbuan radiasi dari benda-benda ruang angkasa, termasuk matahari (www.astronomy.pomona.edu/.../planetary/img29.gif)

Seperti diuraikan sebelumnya medan magnet juga menjadi penuntun dalam penentuan arah bukan hanya bagi manusia tetapi juga binatang saat melakukan migrasi dari satu tempat ke tempat lainnya (Downer 1999; disitir dari Setyana 2009). Binatang-binatang pengelana tersebut dituntun oleh medan magnet yang ditangkap oleh sensor magnetik yang tersimpan dalam tubuh mereka. Dengan menangkap sinyal magnetik ini burung-burung dari Siberia bisa berlabuh di kawasan Kepulauan Raja Ampat di Papua (Gambar 3.6).

Para ahli juga menggunakan keberadaan medan magnet untuk eksplorasi sumber daya bumi seperi mineral maupun hidrokarbon. Dengan menggunakan sifat kemagnetan batuan, para ahli eksplorasi melacak balik keberadaan batuan dan kemungkinan keterdapatan sumber daya bumi yang terpendam ratusan atau ribuan meter di bawah kaki kita.

Subhanallah, sungguh tiada yang sia-sia ciptaan Allah dan sungguh Allah telah memfasilitasi manusia yang disiapkan sebagai khalifah dengan segala hal yang dapat dipakai dalam mengelola bumi. Dengan mengetahui pola migrasi ikan, yang pergerakannya dituntun oleh keberadaan medan magnetik, sudah semestinya manusia bersyukur atas nikmat yang Allah berikan. Maka nikmat Tuhanmu manakah yang kamu dustakan? (ar-Raḥmān, 55).

**Gambar 3.6:** Burung migran Pharalopus lobatus (red-necked phalarope). Burung asal Siberia ini diketemukan Tim Ekspedisi Widya Nusantara-LIPI ketika berada di Pearairan Raja Ampat, Papua (Sumber; Sustyono, 2007). Medan magnet menuntunnya sampai ke Raja Ampat dan kembali ke Siberia.

# BAB IV

# PROSES GEOLOGI

## A. Siklus dan Skala Waktu Geologi

Tentang siklus geologi, ayat-ayat Al-Qur'an hanya memberi isyarat dan petunjuk yang dapat dimengerti oleh orang-orang yang sudah memahami sifat-sifat dan karakteristik bumi. Allah berfirman,

قُلْ اَىِٕنَّكُمْ لَتَكْفُرُوْنَ بِالَّذِيْ خَلَقَ الْاَرْضَ فِيْ يَوْمَيْنِ وَتَجْعَلُوْنَ لَهٗٓ اَنْدَادًاۗ ذٰلِكَ رَبُّ الْعٰلَمِيْنَۚ ﴿٩﴾ وَجَعَلَ فِيْهَا رَوَاسِيَ مِنْ فَوْقِهَا وَبٰرَكَ فِيْهَا وَقَدَّرَ فِيْهَآ اَقْوَاتَهَا فِيْٓ اَرْبَعَةِ اَيَّامٍۗ سَوَاۤءً لِّلسَّاۤىِٕلِيْنَ ﴿١٠﴾

*Katakanlah, "Pantaskah kamu ingkar kepada Tuhan yang menciptakan bumi dalam dua masa dan kamu adakan pula sekutu-sekutu bagi-Nya? Itulah Tuhan seluruh alam." Dan Dia ciptakan padanya gunung-gunung yang kokoh di atasnya. Dan kemudian Dia berkahi, dan Dia tentukan makanan-makanan (bagi penghuni)nya dalam empat masa, memadai untuk (memenuhi kebutuhan) mereka yang memerlukannya.* (Fuṣṣilat/41: 9-10)

## TAFSIR

AYAT 9 SURAH FUṢṢILAT menjelaskan bahwa Allah memerintahkan Nabi Muhammad agar menanyakan kepada orang-orang musyrik Mekah: mengapa mengingkari Allah yang menciptakan bumi dalam waktu dua masa atau dua periode?

Bukankah kamu semua merasakan bagaimana segala kebutuhan hidup manusia di bumi ini sudah tersedia hingga kehidupan terus berlangsung dari satu generasi ke generasi berikutnya? Mengapa kamu masih menyembah tuhan-tuhan selain Allah, berhala-berhala yang dibuat oleh manusia sendiri, padahal Allah adalah Tuhan seluruh alam? Seluruh alam ini adalah makhluk ciptaan-Nya dan semua tunduk kepada-Nya.

Sebagian ulama tafsir berpendapat bahwa yang dimaksud dengan menciptakan bumi dalam dua masa pada ayat ini, yaitu menjadikan wujud bumi yang bundar dan keras, yang sebelumnya adalah berupa gumpalan asap yang terus-menerus berputar. Memang hal ini belum banyak dipahami, apalagi oleh orang-orang Mekah abad ke-7 Masehi. Saat itu, ilmu pengetahuan belum berkembang seperti sekarang. Tetapi mereka waktu itu sudah tahu bahwa yang menciptakan langit dan bumi, menjalankan matahari dan bulan, adalah Allah sebagaimana disebutkan dalam firman-Nya,

وَلَىِٕنْ سَاَلْتَهُمْ مَّنْ خَلَقَ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضَ وَسَخَّرَ
الشَّمْسَ وَالْقَمَرَ لَيَقُوْلُنَّ اللّٰهُ ۗفَاَنّٰى يُؤْفَكُوْنَ

*Dan jika engkau bertanya kepada mereka, "Siapakah yang menciptakan langit dan bumi dan menundukkan matahari dan bulan?" Pasti mereka akan menjawab, "Allah." Maka mengapa mereka bisa dipalingkan (dari kebenaran).* (al-'Ankabūt/29: 61)

Berdasarkan pengetahuan dan ajaran agama yang berkembang saat itu, orang-orang Jazirah Arab sudah mengetahui bahwa yang menciptakan alam berupa bumi, langit dan segala isinya, yang menjalankan matahari, bulan dan bintang, adalah Tuhan yang Mahakuasa yang mereka sebut dalam bahasa Arab dengan Allah. Tuhan Allah telah mereka kenal sebelum datangnya Islam. Tetapi ketaatan mereka terhadap-Nya sangat rendah, bahkan mereka lebih suka menyembah dan

### ***Arba'ati ayyām*** **(Fuṣṣilat 41:10)**

*Arba'ati ayyām* berarti empat hari yang maksudnya ialah empat masa atau empat periode. Beberapa kali dalam Al-Qur'an disebutkan kata *ayyām, sittati ayyām, arba'ati ayyām,* dan *yaumain*. Meski diartikan hari, enam hari, empat hari, dan dua hari, namun maksudnya bukan hari dalam pengertian 24 jam, melainkan masa atau periode, yang lama waktunya bisa 1000 tahun (al-Ḥaj/22: 47 dan as-Sajdah/32: 5) atau 50.000 tahun (al-Ma'ārij/70: 4) atau bisa juga lebih. *al-Marāgi* dalam tafsirnya, *Tafsīrul-Marāgi* jilid IV halaman 62, memahami *ayyām* sebagai masa atau periode, yang lama waktunya tidak dapat ditentukan.

memohon kepada berhala-berhala atau patung-patung yang mereka buat sendiri, daripada kepada Allah.

Pertanyaan yang harus disampaikan Nabi kepada orang-orang musyrik dalam ayat ini bukan pertanyaan karena ketidaktahuan melainkan bentuk ejekan atau menyalahkan sikap mereka yang masih suka menyekutukan Tuhan dengan berhala-berhala yang mereka sembah, padahal berhala itu tidak tahu apa-apa. Sebab, berhala itu hanya patung batu yang dibuat oleh mereka sendiri. Sungguh sikap demikian sangat tidak logis, *gairu ma'qūl* atau tidak masuk akal.

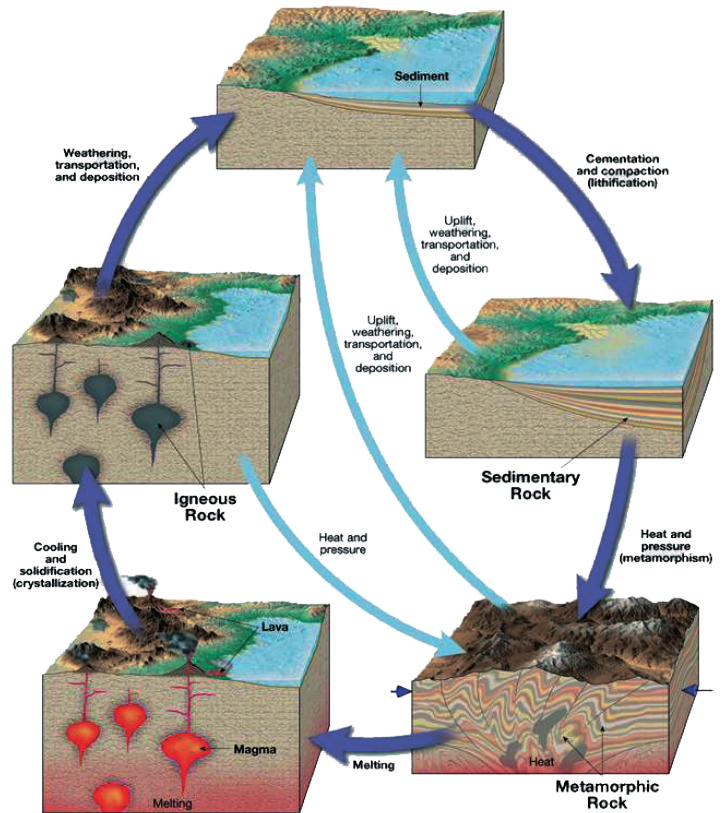
Ayat 10 Surah Fuṣṣilat menerangkan penciptaan gunung-gunung yang berdiri kokoh di permukaan bumi, serta pemberian berkah atau manfaat yang besar kepada semua penghuni bumi dengan menyediakan makanan dan minuman yang dibutuhkan. Penciptaan bumi sampai sempurna, padat, dan siap dihuni manusia berlangsung selama dua masa. Tewujudnya ketersediaan makanan dan minuman bagi penduduk dan penghuni bumi ini berlangsung juga dalam dua masa. Maka bumi betul-betul sempurna dan siap untuk dihuni makhluk hayati setelah empat masa.

Kesiapan bumi itu tercermin seiring dengan sudah terbentuknya kelengkapan yang cukup, seperti adanya gunung-gunung dan hutan yang memberi berkah, sungai-sungai dan danau yang terpelihara, yang semuanya akan memenuhi kebutuhan makanan yang cukup bagi manusia dan makhluk lainnya. Ayat 10 ini mengajarkan kita supaya manusia dapat memelihara kelestarian alam yang antara lain mencakup hutan, sungai dan danau, dan laut termasuk isinya untuk menjaga ketersediaan makanan yang cukup bagi manusia dan makhluk-makhluk lainnya di bumi. Manusia sebagai *khalīfatullāh fil-arḍ* harus bersikap aktif dalam kegiatan *konservasi* atau pemeliharaan alam, bukan malah merusak lingkungan hidup mereka sehingga menyebabkan bencana, seperti banjir, tanah longsor, kekeringan, dan hilangnya kesuburan tanah dan lain sebagainya.

**Siklus Geologi**

Waktu penciptaan gunung-gunung yang kokoh dan penyediaan makanan bagi penghuni bumi (Fuṣṣilat/41: 10), memerlukan waktu empat masa atau empat periode. Dalam Bab-2 telah dijelaskan bagaiman bumi diciptakan bersamaan dengan penciptaan jagadraya bagaimana prose penciptaan bumi yang diawali pada Masa Ketiga hingga Masa Keenam. Berkaitan dengan penyediaan makanan bagi penghuni bumi yang memerlukan empat masa, ada beberapa penafsiran yang terkait dengan Masa ketiga hingga Masa Keempat. Seperti diketahui Masa Ketiga dalam Al-Qur'an adalah masa penciptaan tata surya termasuk bumi. Dari sudut pandang geologi masa ini dimasukkan dalam masa Hadean yang ditandai oleh pembentukan tata surya dan belum ada batuan terbentuk. Baru pada masa Arkean, batuan terbentuk yang diikuti oleh masa Proterozoikum dengan ciri utamanya adalah dijumpainya kehidupan. Empat masa itu, bisa jadi, sebagaimana diketahui dalam sejarah geologi, yaitu: Proterozoikum, dan 3 era dalam Fanerozoikum yang mencakup Paleozoic (Paleozoikum), Mesozoic (Mesozoikum), dan Cenozoic (Kenozoikum).

Adapun kenampakan bumi yang tampak seperti sekarang ini dibentuk oleh 2 (dua)

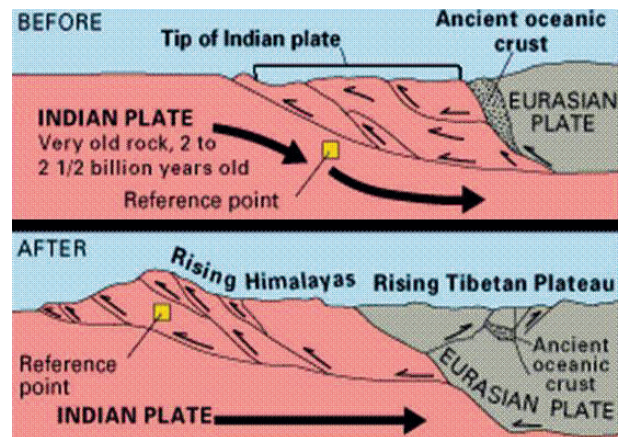
sumber energi, yaitu panas yang berasal dari dalam bumi yang sering disebut sebagai *sumber internal* (proses endogen), dan radiasi panas matahari yang merupakan *sumber eksternal* (proses eksogen). Sumber internal menghasilkan energi yang menyebabkan terbentuknya batuan beku, batuan metamorf dan aktivitas tektonik. Adapun sumber eksternal memicu sirkulasi atmosfer dan hidrosfer, proses pelapukan dan pembentukan batuan sedimen. Proses ini secara keseluruhan saling berhubungan membentuk siklus geologi dan digambarkan secara sederhana seperti tertera dalam gambar.

**Gambar-4.1**: Siklus Geologi

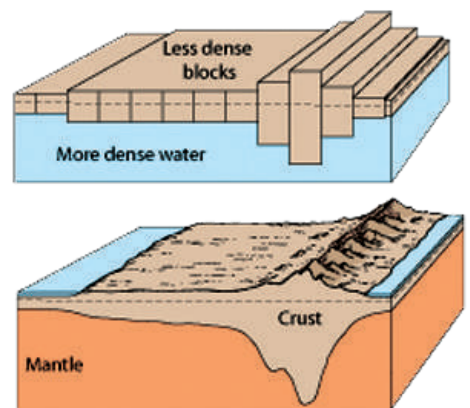
Pada dasarnya, siklus geologi terdiri dari 3 (tiga) siklus yang saling berkaitan, yakni: siklus batuan *(batuan beku – batuan sedimen – batuan metamorf)*, siklus hidrologi yang menjadi penyebab terjadinya erosi dan sedimentasi yang melibatkan siklus tektonik, terutama gerak-gerak naik turunnya muka bumi, serta siklus geokimia yang berkaitan dengan perubahan elemen-elemen yang ada dalam bumi. Secara sederhana dapat dijelaskan bahwa proses-proses yang berasal dari dalam bumi menghasilkan batuan beku seperti batuan granit atau lelehan lava dari gunung api dan batuan metamorf yang merupakan jenis batuan yang berubah dari bentuk aslinya akibat kondisi tekanan dan temperatur yang tinggi. Batuan-batuan ini akibat proses tektonik dapat muncul ke permukaan. Batuan yang terekspos ke permukaan ini kemudian mengalami pelapukan dan membuatnya mudah tererosi, baik oleh air maupun angin, dan selanjutnya diendapkan di bagian dataran rendah ataupun sampai jauh menuju lautan. Siklus ini terus-menerus terjadi dan membentuk tatanan batuan yang berbeda di satu tempat dengan di tempat lain. (gambar 4.1)

Di satu tempat, endapan-endapan hasil sedimentasi yang diendapkan di laut mengalami konsolidasi yang berjalan jutaan tahun dan secara perlahan proses tektonik menekan dan mengangkat kembali secara perlahan ke atas permukaan, dan membentuk pegunungan yang menjulang tinggi, seperti Pegunungan Himalaya atau Pegunungan Bukit Barisan. Di sisi lain, magma yang terjadi jauh di dalam bumi bisa naik ke permukaan sebagai lava gunung api, atau tersimpan dan membeku di bawah permukaan sebuah batuan. Semua proses ini tidak lepas dari siklus tektonik yang melibatkan seluruh batuan yang ada.

Perlu dicatat bahwa seluruh proses geologi yang berjalan dinamis itu juga dimanifestasikan antara lain oleh aktivitas gunung berapi, gempa bumi, tanah longsor yang dapat membahayakan kehidupan manusia. Namun, proses geologi yang berjalan dalam orde ratusan bahkan jutaan tahun itu juga membawa manfaat bagi manusia. Air yang sebagian tersimpan dalam bumi menjadi cadangan sumber daya air bagi manusia. Sebagian air ini keluar sebagai mata air dan kemudian menyatu menjadi sungai. Dalam perjalanannya menuju laut, sungai ini menjadi sumber penopang kehidupan di sekitarnya. Banyak sekali pusat-pusat peradaban yang tumbuh tidah jauh dari sungai, seperti Sungai Nil di Mesir atau Sungai Tigris dan Sungai Eufrat di wilayah Irak. Peradaban yang terbangun di Kerajaan Sriwijaya di Indonesia dan Batavia yang kini menjadi Jakarta juga tidak terlepas dari keberadaan sungai dan laut.

Untuk manusia, Allah juga telah menyediakan sumber energi yang luar biasa besarnya dan terbentuk melalui proses geologi yang berjalan jutaan tahun. Energi tersebut dapat berasal dari minyak bumi, batubara, panas bumi, bahkan energi nuklir. Minyak bumi dan batubara atau sering disebut energi fosil terbentuk dalam suatu proses sedimentasi yang panjang. Sedangkan terbentuknya energi panas bumi, selain tentu karena adanya peran air tetapi tidak lepas dari proses magmatis yang terjadi di dalam bumi. Demikian halnya dengan mineral-mineral yang mengandung unsur radioaktif yang menjadi bahan dasar energi nuklir, tidak lepas dari proses magmatisme yang terjadi.

Demi kelangsungan hidupnya, manusia juga memerlukan sumber daya lainnya yang berasal dari mineral. Logam mulia seperti emas, sudah sejak lama menjadi aksesoris

**Gambar-4.2: Pembentukan Pegunungan Himalaya yang merupakan hasil tumbukan lempeng Hindia dan lempeng Eurasia. Tampak pada gambar atas awal (before) dari tumbukan dan gambar bawah (after) setelah tumbukan semakin kuat (www.earlham.edu/~pinema/Himalaya.htm).**

penting bagi manusia. Demikian halnya dengan mineral logam lainnya, seperti besi dan lainnya. Semua mineral logam ini tak lepas dari proses magmatis yang terjadi di dalam bumi. Jadi pada dasarnya semua sudah disediakan oleh Allah. Maka nikmat Tuhanmu manakah yang kamu dustakan? (ar-Raḥmān/55: 13).

**Gambar-4.3:**
Memperlihatkan bagaimana kaidah hidrostatik atau disebut sebagai isostasi bekerja pada pembentukan pegunungan. Gambar yang di atas adalah balok-balok yang diletakkan dalam air dan tampak pada gambar tersebut semakin tinggi balok maka semakin dalam pula bagian yang ada dalam air sedangkan yang di bawah adalah gambar yang memperlihatkan bagaimana bagian pegunungan yang tinggi dikompensasikan dalam bentuk "pasak" (Sumber: www.explanet.info)

Gambar-4.2 di samping memperlihatkan bagaimana proses geologi berjalan dan membentuk pegunungan. Pada gambar tersebut digambarkan bagaimana pembentukan Pegunungan Himalaya. Pembentukan pegunungan juga dapat dibentuk akibat tumbukan dua lempengan, dimana satu lempeng masuk dan menunjam (zona subduksi/zona penunjaman) di bawah lempeng yang lain. Contoh yang baik adalah Peg. Bukit Barisan yang terbentuk karena tumbukan lempeng Hindia dengan lempeng Sumatra. Seperti telah disebutkan dalam Bab-1, dalam pembentukan pegunungan terdapat fenomena yang disebut isotasi, dimana kaidah hidrostatik berlaku. Gambar-4.3 menunjukkan bagaimana tersebut bekerja pada pembentukan pegunungan dimana beban akan dikompensasikan dalam bentuk "akar" yang menghunjam ibarat pasak. Jadi gununng-gunung itu dipancangkan dengan kokoh (lihat Surah Qaf/50:7)

| Masa | Era | Periode | Epoh | Umur (juta tahun yang lalu) | Ciri |
|---|---|---|---|---|---|
| FANEROZOIKUM | KENOZOIKUM | Kuarter | Holosen | Saat ini-10.000 th yl | Munculnya manusia dan adanya perubahan iklim. Megafauna seperti mamoth, mastodon punah |
| | | | Pleistosen | 10.000th yl- 1,8 | |
| | | Tersier | Pliosen | 1,8-5,3 | Mamalia semakin berkembang, burung, binatang amfibi, invertebrata. Tumbuahan berbunga muncul |
| | | | Miosen | 5,3-23,8 | |
| | | | Oligosen | 23,8-33,7 | |
| | | | Eosen | 33,7-54,8 | |
| | | | Paleosen | 54,8-65 | |
| | MESOZOIKUM | Kapur | | 65-135 | Akhir Mesozoikum dinosaurus punah |
| | | Yura | | 135-200 | |
| | | Trias | | 200-230 | Munculnya reptil, mamalia, cikal bakal burung dan tumbuhan tinggi berbiji |
| | PALEOZOIKUM | Perm | | 230-265 | Pada akhir Paleo-zoikum 90% hewan air punah |
| | | Karbon | | 265-355 | |
| | | Devon | | 355-410 | |
| | | Silur | | 410-435 | Muncul hewan-hewan air, pakis-pakisan, hewan multisel melimpah. |
| | | Ordovisium | | 435-500 | |
| | | Kambrium | | 500-542 | |
| PROTERO ZOIKUM | | | | **542-2.500** | Diketemukan *blue green filamentous algea* dan bakteri yang berumur sekitar 3,2milyar tahun yang lalu |
| ARKEAN | | | | 2.500-3.800 | Batuan tertua yang berumur 4,28 milyar tahun dan ditandai pula oleh aktivitas gunungapi yang tinggi |
| HADEAN | | | | 3.800-4.600 | Penciptaan tata surya termasuk bumi, belum terbentuk batuan |

*Tabel-4.1: berikut ini adalah Skala Waktu Geologi yang secara garis besar terdiri dari Masa (Hadean, Arkean, Proterozoikum, dan Fanerozoikum), Era (Paleozoikum, Mesozoikum dan Kenozoikum), Periode dan Epoh. Pra Kambrium, Paleozoikum, Mesozoikum,*

## B. Skala Waktu Geologi

Geologi pada dasarnya mempelajari sejarah bumi. Karena itu, dalam mempelajari susunan batuan, diperlukan pula penentuan umur sehingga dapat disusun sejarah geologi suatu wilayah secara lengkap. Di mana pun, sejarah geologi dibagi atas dasar: (a) kapan batuan terbentuk baik karena sedimentasi ataupun karena proses magmatik, dan (b) kapan batuan tererosi dan mengalami perusakan dan transportasi ke tempat lain.

Para ahli geologi dapat mempelajari sejarah geologi dari susunan batuan yang ada dengan menggunakan prinsip super posisi, di mana batuan yang paling tua terletak di bagian bawah, dan yang paling muda terletak di bagian paling atas. Pentarikhan geologi mendapat dukungan baru teknologi isotop yang dapat menentukan umur batuan dengan lebih akurat.

Tabel-4.1 di atas adalah Skala Waktu Geologi yang secara garis besar terdiri dari Masa (Hadean, Arkean, Proterozoikum, dan Fanerozoikum), Era (Paleozoikum, Mesozoikum dan Kenozoikum), Periode dan Epoh. Keempat satuan waktu geologi ini ditandai terutama oleh fosil-fosil kehidupan yang khas untuk masing-masing satuan waktu. Boleh jadi Surah Fuṣṣilat/41: 9-10 berkaitan dengan 4 masa dalam skala waktu geologi. geologi yakni Proterozoikum dimana awal kehidupan ditandai oleh hadirnya algea dan bakteri. Pada tahapan berikutnya, pada masa Fanerozoikum yang terdiri dari 3 (tiga) era, yakni era Paleozoikum, era Mesozoikum dan era Kenozoikum dimana masing-masing era ditandai oleh peristiwa-peristiwa geologi yang sangat signifikans antara lain munculnya binatang air, reptil, mamalia, burung dll seperti disarikan dalam Tabel 4.1.

## C. Proses Erosi dan Sedimentasi

1. Surah al-Ḥijr/15: 19

وَالْاَرْضَ مَدَدْنٰهَا وَاَلْقَيْنَا فِيْهَا رَوَاسِيَ وَاَنْۢبَتْنَا فِيْهَا مِنْ كُلِّ شَيْءٍ مَّوْزُوْنٍ

*Dan Kami telah menghamparkan bumi dan Kami pancangkan padanya gunung-gunung serta Kami tumbuhkan di sana segala sesuatu menurut ukuran.* (al-Ḥijr/15: 19)

2. Surah Qāf/50: 7

وَالْاَرْضَ مَدَدْنٰهَا وَاَلْقَيْنَا فِيْهَا رَوَاسِيَ وَاَنْۢبَتْنَا فِيْهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍۢ بَهِيْجٍ

*Dan bumi yang Kami hamparkan dan Kami pancangkan di atasnya gunung-gunung yang kokoh dan Kami tumbuhkan di atasnya tanam-tanaman yang indah,* (Qāf/50: 7)

3. Surah ar-Ra‘d/13: 3

وَهُوَ الَّذِيْ مَدَّ الْاَرْضَ وَجَعَلَ فِيْهَا رَوَاسِيَ وَاَنْهٰرًا ۗوَمِنْ كُلِّ الثَّمَرٰتِ جَعَلَ فِيْهَا زَوْجَيْنِ اثْنَيْنِ يُغْشِى الَّيْلَ النَّهَارَ ۗاِنَّ فِيْ ذٰلِكَ لَاٰيٰتٍ لِّقَوْمٍ يَّتَفَكَّرُوْنَ

*Dan Dia yang menghamparkan bumi dan menjadikan gunung-gunung dan sungai-sungai di atasnya. Dan padanya Dia menjadikan semua buah-buahan berpasang-pasangan; Dia menutupkan malam kepada siang. Sungguh, pada yang demikian itu terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang-orang yang berpikir.* (ar-Ra‘d/13: 3)

Erosi dan sedimentasi adalah proses geologi yang senatiasa ada. Proses erosi ini tentu saja melibatkan peran air baik air hujan yang dibukakan dari langit maupun sungai-sungai yang mengalir dari mata-air-mata air yang berada di wilayah pegunungan yang kemudian menyatu menjadi sungai-sungai utama dan terus bermuara ke laut. Batuan-batuan yang telah diangkat oleh proses tektonik mengalami pelapukan akibat interakasinya dengan sinar matahari tidak mampu menahan gerusan-gerusan hujan dan membawa material-material hasil lapukannya ke wilayah yang lebih rendah bahkan sampai ke dasar laut.

Ayat 19 Surah al-Ḥijr menjelaskan bahwa bumi yang permukaannya tampak datar terhampar, namun banyak pegunungan yang dipancangkan. Semua itu terjadi dengan teratur dan terukur, berlangsung secara harmonis dan berkeseimbangan. Endapan-endapan yang diendapkan di wilayah laut ataupun di wilayah yang lebih rendah seiring dengan berjalannya waktu dan aktivitas tektonik, endapan tersebut akan diangkat kembali naik ke suatu ketinggian dan bahkan dapat membentuk kembali pegunungan. Demikianlah siklus geologi terus berjalan dengan keteraturan.

Siklus geologi yang mencakup proses erosi dan sedimentasi tentu ada anomali-anomali yang terjadi seperti banjir maupun kekeringan, namun semuanya berjalan secara alami. Ketika ulah manusia semakin tidak terkendali, antara lain melalui perusakan hutan, maka air yang dalam musim penghujan seharusnya tersimpan dalam bumi justru melimpah ke permukaan dan menjadi bencana banjir. Ketika kehidupan berjalan dalam kesimbangan dan pengelolaan hutan dilakukan dengan memperhatikan daya dukung alamnya, maka kehidupan semua makhluk di daratan, baik di gunung maupun di pantai, berlangsung baik pula, saling memenuhi kebutuhan antara satu dengan lainnya.

Demikianlah, proses geologi berjalan puluhan, ratusan, bahkan jutaan tahun. Hujan turun

***Mauzūn* (al-Ḥijr/15: 19)**

*Mauzūn* adalah bentuk *isim maf‘ūl* dari kata kerja *wazana yazinu waznan*, menimbang. *Mauzūn* artinya yang ditimbang, yang terukur. Segala tumbuh-tumbuhan yang bermacam-macam jenis dan karakteristiknya di muka bumi, baik pohon-pohon besar yang keras, pohon perdu, maupun tumbuhan kecil sampai rumput, semua Allah tumbuhkan secara terukur, baik guna dan manfaatnya, di atas permukaan bumi. Demikian pula akar-akar tumbuhan dari pohon tersebut, yang juga berfungsi menahan air, menjaga erosi dan mewujudkan kesuburan tanah. Semua berlangsung secara teratur, sistemik, dan berkeseimbangan. Sebagai contoh, untuk menjaga keseimbangan alam, ada binatang yang berfungsi sebagai predator/pemangsa jenis binatang lainnya yang populasinya terlalu banyak, demikian dan seterusnya.

### *Bahīj* (Qaf/50: 7)

*Bahīj* adalah lafal berbentuk *sifat musyabbahah*, yang berarti indah, menyenangkan. Berasal dari kata kerja *bahaja yabhaju bahjan*, artinya menggembirakan, menyenangkan. *Bahīj* berarti bagus, menawan, cantik, dan indah. *Min kulli zaujin bahīj* berarti masing-masing berupa pasangan yang indah, serasi, dan harmonis. Semua pepohonan yang Allah tumbuhkan di atas muka bumi, bukan hanya bermanfaat bagi kehidupan secara ekonomis, tetapi juga serasi, terukur, dan harmonis, sehingga indah dipandang mata, menyenangkan, dan menggembirakan pemiliknya maupun orang lain yang memandangnya.

### *'Uyūna* (al-Qamar/54: 12)

*'Uyūna* artinya mata-mata air. Ayat 12 Surah al-Qamar menerangkan bahwa kesuburan bumi bukan hanya karena air hujan yang turun dari langit, tetapi juga adanya mata-mata air di beberapa tempat di bumi. Air hujan yang turun dari langit sebagian diserap bumi, sebagian mengalir ke sungai-sungai. Serapan air di daerah pegunungan dapat terus mengalir di perut bumi, pada lapisan-lapisan bumi, dan suatu ketika keluar di lereng gunung atau pun di dataran rendah; inilah yang disebut mata air. Keberadaan mata air memberi manfaat yang besar bagi manusia dan makhluk lainnya, terutama ketika musim kemarau tiba. Banyaknya mata air ini melengkapi ketersediaan air di muka bumi, sehingga kebutuhan akan air tercukupi.

membasahi bumi, di bagian atas terjadi erosi, untuk kemudian diendapkan di wilayah yang lebih rendah, di lembah-lembah, dan akhirnya menjadi wilayah yang subur yang kemudian menjadi pusat kegiatan manusia. Salah satu lembah subur adalah dataran Mesopotamia yang terbukti meninggalkan jejak peradaban manusia masa lalu. Semua berlangsung secara tertib dan teratur, sistematik dan sistemik, serta serba harmonis dan berkeseimbangan.

Berdasarkan pengamatan dan kajian para ilmuwan, proses geologi berupa siklus yang tiada henti. Di dasar lautan, di lautan Pasifik misalnya, berlangsung suatu proses penghamparan material-material magmatik yang keluar dari punggungan tengah samudra secara terus-menerus dan membentuk lempeng samudra (lihat keterangan an-Naml/27: 88 dan aṭ-Ṭūr/52: 6). Dari tempat-tempat yang tinggi, berlangsung proses erosi. Material erosi dihamparkan dan diendapkan pada tempat-tempat yang lebih rendah. Endapan di bawah mengalami tekanan akibat pergerakan lempengan-lempengan dan membawa lapisan-lapisan batuan hasil erosi ini tertekuk dan terangkat, sampai membentuk pegunungan untuk kemudian tererosi kembali. Interaksi antar lempeng pada kedalaman tertentu menyebabkan terjadinya magma, yang kemudian naik ke atas dan membentuk gunungapi yang pada gilirannya memuntahkan magmanya dalam bentuk lava yang mengalir maupu lewat letusan yang menyebarkan debu ke segala arah dan mencapai jangkuan ratusan bahkan ribuan kilometer. Hamparan debu tersebut berinteraksi dengan hujan menjadikan lahan menjadi subur. Sebagian material berupa batu maupun pasir diendapkan melalui sungai-sungai dan menjadi bahan bangunan.

Demikianlah, jika diperhatikan, betapa ciptaan Allah itu lengkap, indah, dan bermanfaat. Mudah-mudahan kita dapat bersyukur dengan memelihara dan menjaganya, tanpa membuat kerusakan-kerusakan. Sebab, Allah memang tidak suka pada orang-orang yang berbuat kerusakan. Allah berfirman,

وَلَا تَبْغِ الْفَسَادَ فِى الْاَرْضِ ۗ اِنَّ اللّٰهَ لَا يُحِبُّ الْمُفْسِدِيْنَ

*dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi. Sungguh, Allah tidak menyukai orang yang berbuat kerusakan.* (al-Qaṣaṣ/28: 77)

Sebagai khalīfah, sudah seharusnya manusia melaksanakan ketentuan dan hukum-hukum Tuhan di bumi. Adalah kewajiban manusia untuk menjaga dan memelihara bumi, serta menghindari hal-hal buruk yang dapat merusak alam. Semua ini untuk kepentingan manusia sendiri dalam kehidupan mereka dari generasi ke generasi.

Begitu indah dan teraturnya alam ciptaan Allah ini. Selain air hujan, perut bumi pun mengeluarkan banyak mata air. Keduanya, air hujan dan mata air, bertemu di permukaan bumi, memenuhi kebutuhan semua makhluk, demikian bagian dari pesan yang dijelaskan pada ayat 11 dan 12 Surah al-Qamar.

Proses pembentukan bumi berikut penyediaan makanan bagi semua mahluk memakan waktu yang tidak terbayangkan bagi manusia. Proses yang demikian panjang, sejak Allah menghamparkan bumi 4,28 milyar yang lalu dan kemudian disusul oleh tahapan-tahapan berikutnya yang merupakan kesatuan yang harmoni harusnya mengajarkan kita bahwa Allah tidak main-main dalam menyiapkan segala kenyamanan bagi manusia. Bagaimana proses hujan yang meresap dalam tanah dan kemudian tersimpan dalam formasi batuan pada kedalaman tertentu seharusnya mengajarkan kita untuk menggunakan air dengan sebijak mungkin dan penuh kehati-hatian dalam memperlakukannya. Kecenderungan manusia justru sebaliknya seolah-olah semua dapat diambil sesuka hati. Ketika manusia yang tidak bertanggung jawab mulai berulah dengan mengeksloitasi sumberdaya alam secara berlebihan maka bencana pun tak terhindarkan. Banjir besar di musim hujan dan kekeringan panjang

**Yatafakkarūn (ar-Ra‘d/13: 3)**

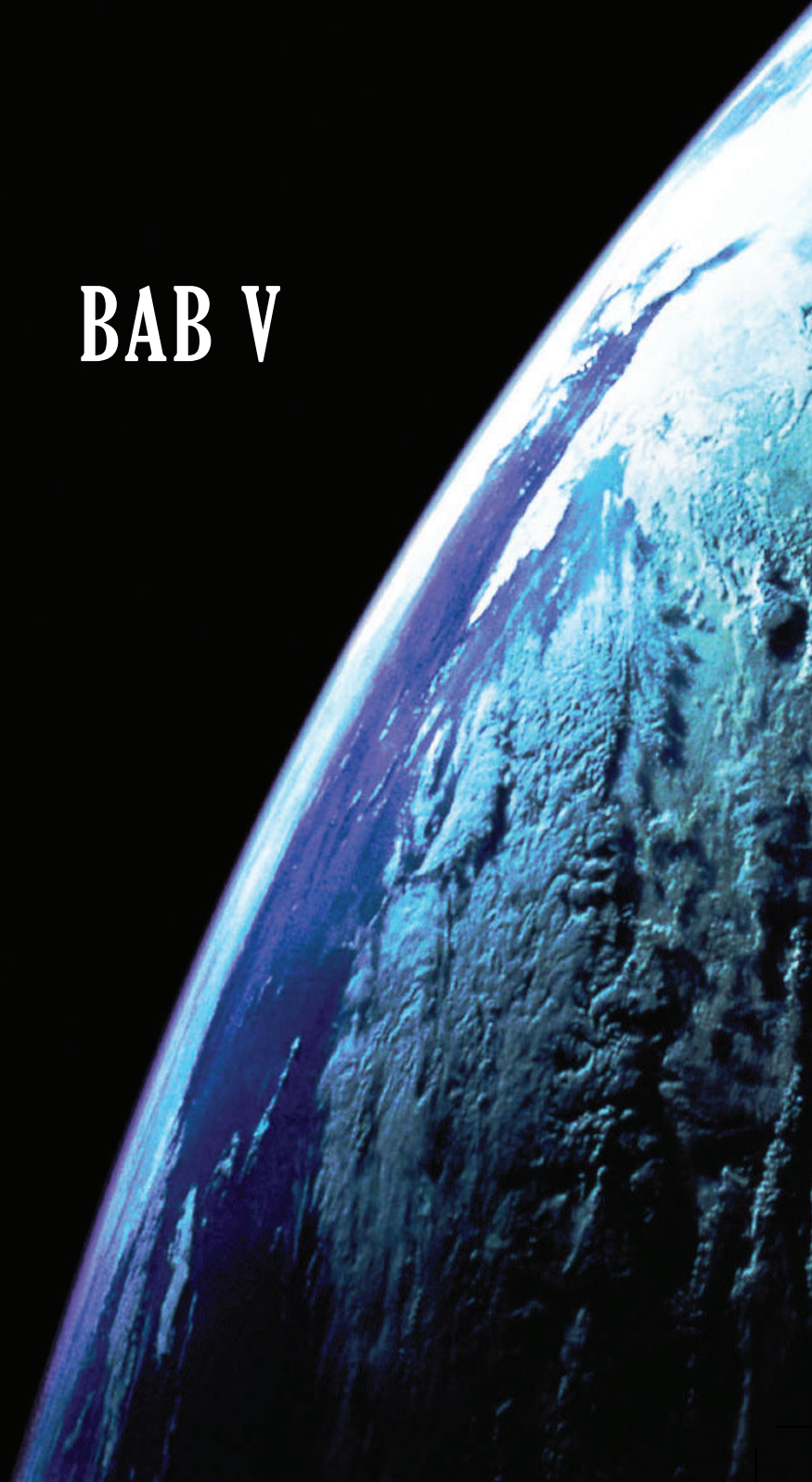
*Yatafakkarūn* artinya mereka berpikir. Berasal dari kata kerja *tafakkara yatafakkaru tafakkuran*, artinya berpikir. *Wau jama‘* pada kata kerja *yatafakkarūn* menunjukkan bahwa subjeknya banyak (mereka). Kondisi bumi yang sempurna, ada gunung, sungai, mata air, serta berbagai tumbuhan, buah, dan sayuran, semua itu memang sangat dibutuhkan bagi kehidupan manusia dan makhluk lainnya. Mestinya hal ini dipikirkan oleh manusia yang beriman dan memiliki ilmu pengetahuan, betapa Allah telah banyak sekali menyediakan berbagai sarana untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup. Pemikiran yang berlanjut pada kemauan untuk menjaga dan memelihara supaya lestari dan manfaatnya dapat dinikmati oleh generasi-generasi yang datang berikutnya. Pembangunan pun berkelanjutan, sehingga hasilnya dapat dirasakan oleh generasi berikunya.

di musim kemarau terjadi karena hutan gundul, dirusak melalui penebangan secara masif dan melanggar hukum *(illegal logging)*. Akibat selanjutnya, kesuburan tanah mulai berkurang dan produksi pangan menurun. Ekosistem terganggu, dan kehidupan pun terancam. Keadaan akan semakin buruk bila usaha-usaha rehabilitasi lingkungan kalah bersaing dengan laju kerusakan yang tinggi dan sesungguhnyalah adalah ulah manusia sendiri yang menyebabkan kerusakan di darat dan di laut seperti Firman Allah dalam Surah Ar-Ruum/30:41.

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِى الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ اَيْدِى النَّاسِ لِيُذِيْقَهُمْ بَعْضَ الَّذِيْ عَمِلُوْا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُوْنَ

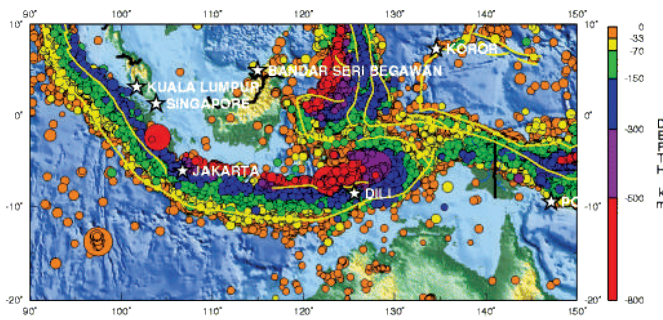
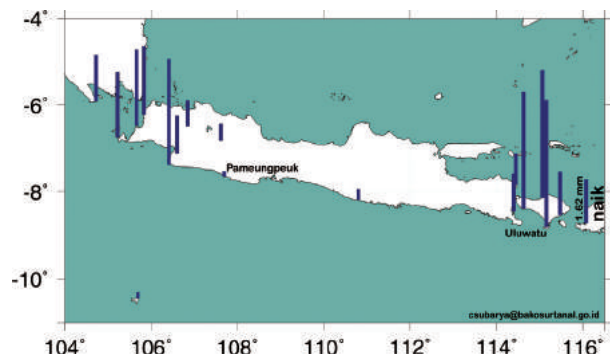
*Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia; Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar). (ar-Rūm/30: 41)*

Ayat 3 Surah ar-Ra‘d menjelaskan penciptaan hamparan bumi, gunung-gunung, sungai-sungai, dan berbagai jenis tumbuhan dan pepohonan; semuanya berhubungan erat dengan proses-proses geologi yang di dalamnya termasuk proses erosi dan sedimentasi. Sungguh semua ini adalah tanda kekuasaan Allah yang mestinya dipahami oleh kelompok orang-orang yang mau berpikir. Sebab, yang mau berpikir dan menggunakan akal sehat lah yang akan menjaga kelestarian lingkungan dan kelestarian bumi secara keseluruhan. Sayang, kebanyakan manusia belum sadar dan belum mau tahu, meski kerusakan lingkungan sudah menimbulkan banyak kerugian bagi manusia.

# BAB V

# BUMI YANG DINAMIS

Bumi merupakan planet yang dinamis sejak pembentukannya. Ia senantiasa bergerak bukan hanya berputar pada porosnya atau bergerak mengitari bumi, tetapi juga terjadi gerakan di kulit bumi, mantel, maupun di inti bumi. Di bagian paling atas, kulit bumi berdenyut, bergerak dan sering pula menghentak dengan kekuatan yang dahsyat dan menimbulkan petaka. Di satu tempat permukaan bumi naik, dan di bagian lain turun secara pelahan. Di tempat-tempat tertentu magma bergerak naik dan keluar melalui kepundan-kepundan gunung api.

Gerakan-gerakan tektonik itu menjadi mudah dipahami dengan teori tektonik lempeng, yang pada intinya adalah bagian atas bumi terdiri dari beberapa lempeng raksasa yang bergerak dan berinteraksi satu sama lain. Di suatu tempat lempeng-lempeng bisa saling berbenturan, bersinggungan atau bisa juga saling menjauh. Indonesia yang dihimpit oleh 3 (tiga) lempengan tektonik raksasa tentu mengalami proses deformasi yang demikian kuat dan dimanifestasikan dalam bentuk pelepasan energi gempa, letusan gunungapi maupun gerak-gerak vertikal permukaan bumi. Di Indonesia gerakan di bagian kulitbumi, yang oleh para ahli geologi disebut tektonik, itu tampak jelas. Gambar-5.1a mempelihatkan sebagian pusat-pusat gempa sedangkan Gambar-5.1b memperlihatkan hasil pengukuran GPS di sekitar Selat Sunda dan Bali yang menunjukkan daratan naik secara pelahan dengan orde berkisar 2-4,7 mm. Pertahun gerakan kulit bumi selain menyebabkan

terjadinya gempa dan gunungapi juga menyebabkan terjadinya cebakan-cebakan mineral, minyak dan gas bumi, dan sumber daya bumi lainnya. Pergerakan kulit bumi juga menyebabkan terjadinya pegunungan-pegunungan yang tinggi menjulang, setelah melewati proses erosi, sedimentasi dan pengangkatan yang memakan waktu jutaan tahun.

(a)

(b)

**Gambar-5.1:** *(a)* Sebaran gempabumi di Indonesia yang disajikan dalam bulatan-bulatan kuning, merah dan hijau yang masing-masing menjelaskan gempa dangkal, sedang dan dalam (Sumber: USGS). *(b). Hasil pengamatan GPS yang menunjukkan pengangkatan daratan di wilayah Selat Sunda dan di sekitar Bali yang masing-masing naik sekitar 2 mm dan 4,7 mm. Besarnya pengangkatan ditandai dengan garis-garis vertikal. (Sumber: Cecep Subarya, 2010).*

## A. Tektonik Lempeng

Berkaitan tentang bumi yang bergerak dan sering menimbulkan gempa bumi, dalam Al-Qur'an, Allah hanya memberi beberapa isyarat dan petunjuk, misalnya an-Naml/27: 88, asy-Syūra /42:32, aṭ-Ṭūr /52:6, al-Zalzalah/99: 1-4, aṭ-Ṭūr/52: 1-10,

2. Surah asy-Syūra 42:32

وَمِنْ اٰيٰتِهِ الْجَوَارِ فِى الْبَحْرِ كَالْاَعْلَامِ

*Dan di antara tanda-tanda kekuasaanNya ialah kapal-kapal [yang berlayar] di laut seperti gunung-gunung* (asy-Syūra, 42:32)

2. Surah an-Naml/27: 88

وَتَرَى الْجِبَالَ تَحْسَبُهَا جَامِدَةً وَّهِيَ تَمُرُّ مَرَّ السَّحَابِۗ صُنْعَ اللّٰهِ الَّذِيْٓ اَتْقَنَ كُلَّ شَيْءٍۗ اِنَّهٗ خَبِيْرٌۢ بِمَا تَفْعَلُوْنَ

*Dan engkau akan melihat gunung-gunung, yang engkau kira tetap di tempatnya, padahal ia berjalan (seperti) awan berjalan. (Itulah) ciptaan Allah yang mencipta dengan sempurna segala sesuatu. Sungguh, Dia Mahateliti apa yang kamu kerjakan.* (an-Naml/27: 88)

**_Jāmidah_ (an-Naml/27: 88)**

*Jāmidah* artinya beku, tetap, tidak berubah. *Jāmidah* adalah *isim fā‘il* dari kata kerja *jamada yajmudu jamdan wa jumūdan* yang berarti beku, mengekal, tetap. Lafal *jāmidah* pada ayat 88 Surah an-Naml berarti tetap, membeku, tidak berpindah-pindah. Gunung-gunung yang kita lihat di bumi tampak tetap pada tempatnya, tidak berpindah-pindah. Sebenarnya, gunung-gunung itu bergerak dan berpindah. Berpindah dari satu tempat ke tempat yang lain dan berjalan seperti berjalannya awam. Inilah ciptaan Allah yang luar biasa baik dan indahnya, sehingga orang kebanyakan tidak dapat merasakan dan memahaminya.

**_Aṡqālahā_ (az-Zalzalah/99: 2)**

*Aṡqālahā* artinya beban beratnya, maksudnya beban berat bumi. Berasal dari kata kerja *ṡaqala yaṡqulu ṡaqalan wa ṡaqālatan,* artinya berat. *ṡaqala ‘alaihi wa aṡqalahu* artinya membebani terlampau berat. *al-Aṡqal* juga berarti segala isi bumi. Ayat 2 Surah az-Zalzalah ini menunjukkan bahwa pada suatu waktu bumi dapat mengeluarkan isi perut yang dikandungnya baik berupa energi gempa bumi atau melalui erupsi gunungapi.

3. Surah aṭ-Ṭūr/52: 1-10

وَالطُّوْرِۙ ﴿١﴾ وَكِتٰبٍ مَّسْطُوْرٍۙ ﴿٢﴾ فِيْ رَقٍّ مَّنْشُوْرٍۙ ﴿٣﴾ وَّالْبَيْتِ الْمَعْمُوْرِۙ ﴿٤﴾ وَالسَّقْفِ الْمَرْفُوْعِۙ ﴿٥﴾ وَالْبَحْرِ الْمَسْجُوْرِۙ ﴿٦﴾ اِنَّ عَذَابَ رَبِّكَ لَوَاقِعٌۙ ﴿٧﴾ مَّا لَهٗ مِنْ دَافِعٍۙ ﴿٨﴾ يَّوْمَ تَمُوْرُ السَّمَاۤءُ مَوْرًاۙ ﴿٩﴾ وَّتَسِيْرُ الْجِبَالُ سَيْرًاۗ ﴿١٠﴾

*Demi gunung (Sinai), dan demi Kitab yang ditulis, pada lembaran yang terbuka, demi Baitulma‘mur (Ka‘bah), demi atap yang ditinggikan (langit), demi lautan yang penuh gelombang, sungguh, azab Tuhanmu pasti terjadi, tidak sesuatu pun yang dapat menolaknya, pada hari (ketika) langit berguncang sekeras-kerasnya, dan gunung berjalan (berpindah-pindah).*
(aṭ-Ṭūr/52: 1-10)

4. Surah az-Zalzalah 99:1-4

*Apabila bumi diguncangkan dengan guncangan yang dahsyat, dan bumi telah mengeluarkan beban-beban berat (yang dikandung)nya, Dan manusia bertanya, "Apa yang terjadi pada bumi ini?" Pada hari itu bumi menyampaikan beritanya,*
(az-Zalzalah 99:1-4)

# TAFSIR

DALAM ASY-SYŪRA AYAT 32 Allah memberitahu manusia bahwa salah satu tanda kekuasaanNya adalah kapal-kapal yang berlayar di laut seperti gunung-gunung. Mengapa Allah mengibaratkan kapal yang berlayar itu seperti gunung? Bukankah

gunung-gunung itu diam tak bergerak? Pesan dan rahasia apakah yang terkandung di balik firman tersebut? Di bagian lain, Allah berfirman dalam ayat 88 Surah an-Naml menjelaskan bahwa gunung-gunung yang kita lihat seperti tetap, membeku, dan tidak berpindah tempat, sebenarnya berjalan dan berpindah tempat, seperti berjalannya awan.

Beberapa ahli tafsir berpendapat bahwa ayat ini menerangkan kejadian pada hari kiamat, di mana gunung-gunung berjalan dan beterbangan seperti awan di langit. Allah berfirman,

*dan gunung-gunung pun dijalankan sehingga menjadi fatamorgana.* (an-Nabā'/78: 20)

Saat itu, gunung-gunung tidak lagi seperti sediakala. Gunung diguncang hingga hancur lebur seperti kabut yang dari jauh kelihatan seperti bayangan air. Padahal jika didekati, ternyata tidak ada apa-apa. Sebab, bagian-bagiannya telah terpecah-belah, dihancurkan dan beterbangan kemana-mana.

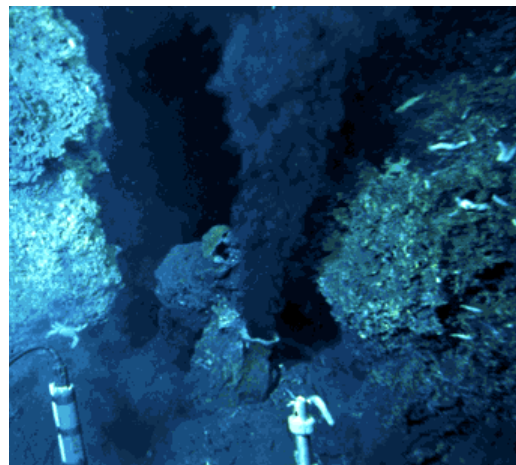
Sebagian ahli tafsir lainnya berpandangan bahwa ayat itu menerangkan keadaan di dunia sekarang. Gunung-gunung yang tampaknya diam dan selalu berada di tempatnya, sesungguhnya tidak demikian. Gunung-gunung yang kokoh berdiri di bumi juga bergerak dan berjalan, seperti awan di langit. Hal ini memang tidak terlihat oleh mata awam, dan mungkin hanya diketahui oleh para ilmuwan yang memahami sifat-sifat dan karakter bumi. Demikianlah ciptaan Allah yang luar biasa canggihnya. Karya ciptaan yang luar biasa, diciptakan dengan sangat teliti dan sempurna, hingga segala jenis makhluk yang tinggal merasa nyaman dan sejahtera, karena semuanya telah tersedia.

Seperti telah dikemukakan di atas bahwa bumi ini sejak awal pembentukannya, terus bergerak dinamis. Pegunungan-pegunungan tinggi yang

**al-*Masjūr* (Surah aṭ-Ṭūr/52: 1-10)**

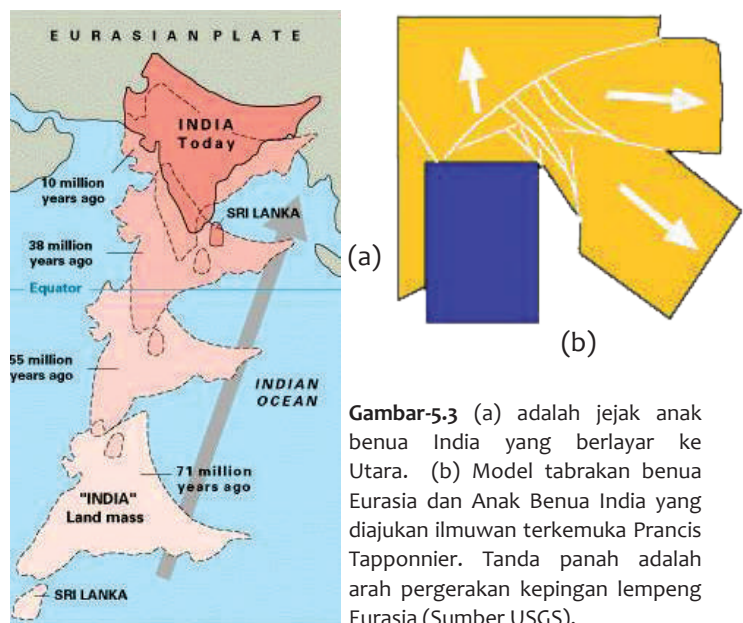
Kata ini berasal dari *sajara yasjuru sajiran* yang berati menyala, meluap, memancar, bergelombang. *al-Masjūr* adalah *isim maf'ūl* (obyek atau yang dikenai pekerjaan), yang artinya yang dipancarkan, yang disemburkan. *al-Baḥrul masjūr* dapat berarti laut yang bergelombang, laut dipancarkan atau disemburkan oleh gunung berapi di bawah permukaan laut. Secara sederhana, dikatakan bahwa Allah-lah yang membuat laut itu bergelombang. Adapun penyebab langsungnya adalah angin atau bisa akibat patahan di dasar laut dan letusan gunungapi yang menyebabkan gelombang tsunami.

menyimpan fosil-fosil sisa kehidupan laut adalah salah satu bukti bahwa bumi itu dinamis. Pegunungan Jayawijaya di Papua adalah salah satu contoh bagaimana batuan-batuan yang semula terletak di dasar laut di angkat ke tempat yang sangat tinggi. Lipatan-lipatan batuan sedimen, maupun patahan, penurunan dan kenaikan muka bumi, juga gunung-gunung yang terus aktif, adalah bukti bagaimana bumi senantiasa bergolak. Gunung-gunung yang disangka selalu tetap pada tempatnya, sesungguhnya berjalan seperti awan.

Sebenarnya apakah yang disebut tektonik lempeng itu? Pada dasarnya pemikiran bahwa benua bergerak telah dilontarkan oleh banyak pemikir jauh sebelum awal abad ke 20, ketika Wegener, seorang ahli meteorologi berkebangsaan Jerman, mengemukakan bahwa benua itu mengapung (continental drift). Dasar hipotesis yang dipakai adalah bentuk pantai Afrika dan Amerika dan adanya kesamaan batuan dan fosil baik di sisi Afrika maupun Amerika. Hal yang sulit dijawab adalah apa yang menyebabkan benua itu bisa mengapung. Kalau kita melihat peta dunia, dengan mudah dapat dilihat bahwa jika benua Afrika dan benua Amerika (selatan) dihimpitkan, terlihat betapa garis pantai keduanya relative berimpit. Dari situ disimpulkan bahwa awalnya semua benua yang ada itu bersatu padu dalam satu benua yang disebut Pangea. Kemudian benua itu pecah dan bergerak ke tempat yang sekarang kita lihat. Pemikiran ini kemudian menjadi bahan berdebatan yang tiada habis sampai paruh abad 20. Mereka yang tidak setuju disebut fixists, sedang yang setuju disebut mobilists. Perdebatan mencapai puncaknya pada tahun 1960-an, di mana revolusi pemikiran di bidang ilmu geologi mulai didominasi oleh pemikiran mobilists. Menurut kubu mobilists, benua mengapung dan bergerak di atas astenosfer. Kaum mobilist didukung sejumlah data geologi dan geofisika yang diperoleh dari sejumlah ekspedisi baik di darat atau di lautan. Penemuan punggungan tengah samudra di Samudra Atlantik dan Samudra Pasifik yang didukung data geologi dan geofisika, khususnya data magnetik, memperlihatkan adanya pemekaran dasar samudra di mana dua lempeng saling bergerak menjauh. Pada lantai samudra ini, seperti di dasar Samudra Pasifik, magma dengan suhu sangat tinggi yang berasal dari mantel bumi naik ke atas membentuk punggungan tengah samudra, dan senantiasa bergerak serta membentuk kerak samudera yang baru. Di sana lempeng-lempeng bergerak saling menjauhi meninggalkan punggungan tengah samudra. Magma pijar yang naik ke atas dan membentuk punggungan di

Gambar-5.2: Hydrothermal vents (Cerobong hydrothermal) atau sering disebut sebagai *black smokers* yang banyak dijumpai zona interaksi antar lempeng baik di punggung tengah samudra maupun di zona subduksi (Sumber: NOAA/http://www.onearth.

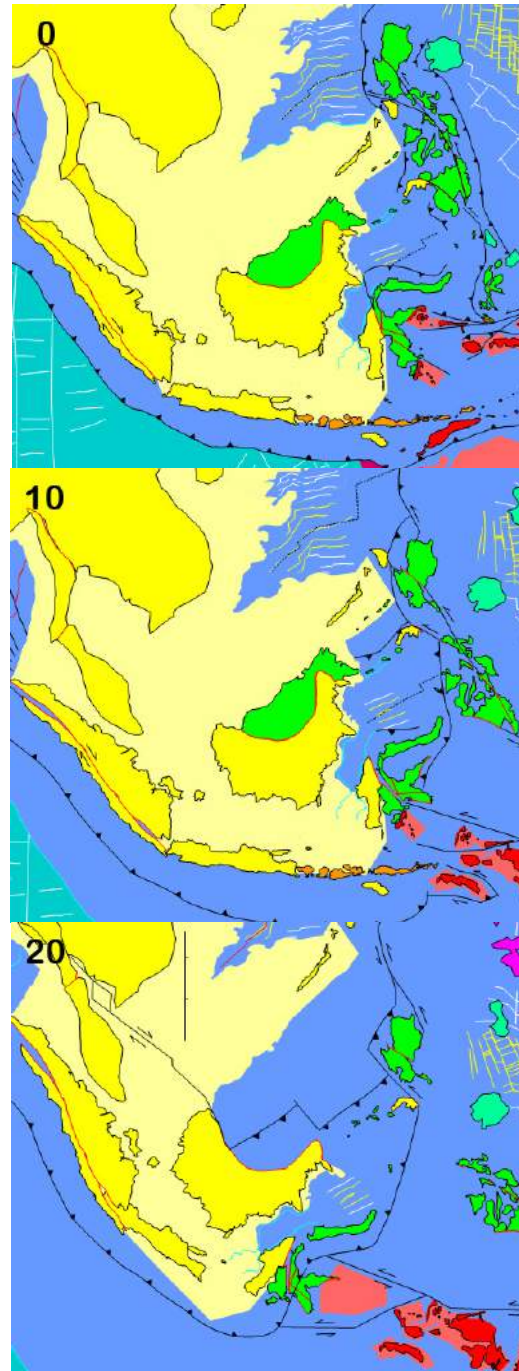
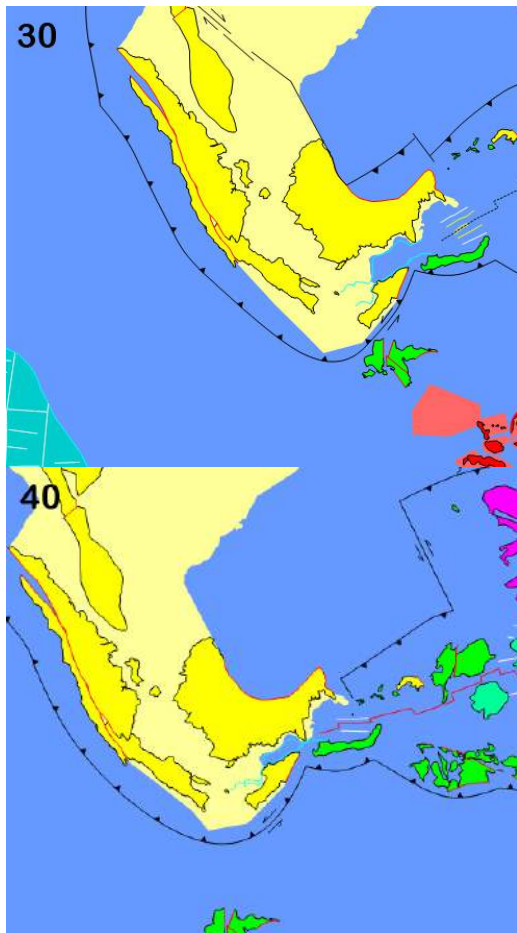
lantai samudra ini kini dapat dengan mudah direkam menggunakan teknologi kelautan yang semakin canggih, seperti tertera pada Gambar-5.2. *Dan laut yang di dalam tanahnya ada api* (Ath-Thuur, 52:6).

Seperti telah dijelaskan pada Bab III bahwa bagian luar dari bumi adalah litosfer (kulitbumi) yang relatif tipis dengan ketebalan rata-rata sekitar 100 km. Di wilayah samudera berkisar 100 km atau bisa lebih tebal di bagian benua. Temperatur litosefer yang relatif rendah menyebabkan batuan di dalamnya relatif tidak berubah dalam skala waktu geologi yang berbilang jutaan tahun. Lempengan ini mengambang di atas astenosfer yang cukup panas dan menyebabkan terjadinya rayapan dalam kondisi padat (solid state creep). Dalam rentang waktu geologi yang sangat panjang, maka rayapan tersebut menyerupai sifat fluida. Jadi, litosfer atau gunung-gunung itu mengambang di atas astenosfer yang bergerak ibarat benda cair laiknya kapal layar yang mengambang di atas laut, namun harus diingat astenosfer sama sekali bukan benda cair. Kapal-kapal itu berlayar di laut seperti gunung-gunung seperti firman Allah dalam Asy-Syuura 42:32. Subhanallah.

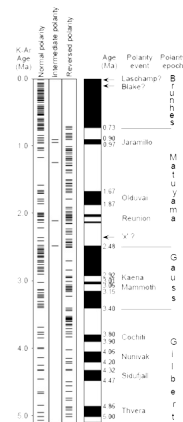
Dalam firman Allah di atas tersirat bahwa kapal buatan manusia yang mengambang di atas laut tersebut tak lebih dari sesuatu yang sangat kecil dan tak sebanding dengan ciptaan Allah. Kita dapat membayangkan bagaimana kapal-kapal dalam bentuk benua berlayar dan begerak. Gambar-5.3 adalah gambaran bagaimana anak benua India melepaskan diri dari Afrika dan berlayar menuju utara. Sekitar 71 juta tahun yang lalu anak benua India masih di selatan Khatulistiwa dan kemudian menabrak benua Eurasia sejak 10 juta tahun yang lalu. Tabrakan dua benua ini menyebabkan terjadinya Pegunungan Himalaya, dan Eurasia terkoyak menjadi beberapa keping dimana sebagian kepingan bergerak ke timur dan tenggara yang pada gilirannya berpengaruh terhadap pembentukan busur kepulauan Indonesia.

**Gambar-5.3** (a) adalah jejak anak benua India yang berlayar ke Utara. (b) Model tabrakan benua Eurasia dan Anak Benua India yang diajukan ilmuwan terkemuka Prancis Tapponnier. Tanda panah adalah arah pergerakan kepingan lempeng Eurasia (Sumber USGS).

Lempeng-lempeng tersebut bergerak relatif terhadap yang lain dengan kecepatan beberapa sentimeter per tahun. Kini pergerakan itu dapat diamati dengan mudah dengan menggunakan teknologi GPS yang memiliki ketelitian tinggi. Pertanyaannya adalah bagaimana mengetahui bahwa Anak

Benua India sekitar puluhan juta tahun yang lalu berada di selatan?

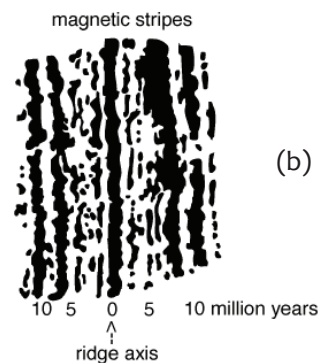
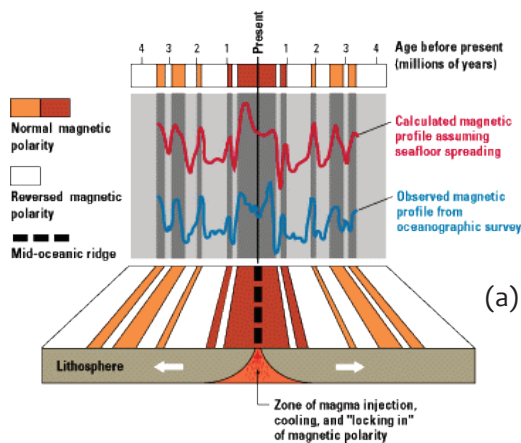
Allah menganugerahi kita medan magnet bumi yang sosoknya tidak tampak, tetapi keberadaannya bisa ditangkap dengan kompas atau dengan magnetometer, alat khusus pengukur medan magnet. Medan magnetik, seperti telah dijelaskan pada Bab-2, dapat mengungkap posisi masa lalu suatu tubuh batuan. Melalui rekaman medan magnet yang tersimpan dalam batuan Allah memberitahu manusia bahwa gunung-gunung baik yang berada di kepingan litosfer berbentuk pulau-pulau kecil ataupun berada di sebuah litosfer berbentuk benua bergerak bagai awan. Ketika tubuh batuan itu terjadi, bisa berasal dari magma yang naik menembus muka bumi baik yang dimuntahkan gunung api ataupun yang berasal dari mantel bumi yang naik hingga dasar samudera, semua merekam medan magnet yang terjadi saat itu. Tubuh lava yang meleleh dari sebuah gunungapi 100 juta tahun yang lalu segera menyimpan data magnetik saat itu. Rekaman itu tersimpan rapi dalam tubuh batuan dalam bentuk inklinasi yakni sudut yang dibuat oleh jarum magnetik terhadap bidang horisontal dan deklinasi yakni sudut penyimpangan yang dibuat oleh jarum magnet terhadap Utara geografi. Para ilmuwan, khususnya yang mendalami paleomagnetik (kemagnetan purba) dengan membaca rekaman data magnet yang tersimpan dalam tubuh batuan dapat merekonstruksi asal muasal tubuh batuan tersebut, dan menempatkan posisi awalnya pada saat batuan itu terbentuk. Gambar-5.3a menunjukkan posisi Anak Benua India dari 71 juta, 55 juta, 10 juta tahun yang lalu hingga saat ini. Contoh lain yang menakjubkan adalah bagaimana kepingan-kepingan yang membentuk P. Sulawesi. Bentuk P. Sulawesi yang menyerupai huruf K, dibentuk oleh kepingan-kepingan yang asalnya berbeda satu sama lain (Gambar-5.4)

**Gambar-5.4:** Rekonstruksi bagian barat Indonesia yang dicuplik dari SE Asia Reconstruction 50-0 Ma (Hall, 1995). Perhatikan posisi masa lalu kepingan lengan yang membentuk P. Sulawesi. Lengan selatan dari barat, lengan utara dari utara, sedangkan lengan timur dan tenggara berasal dari selatan. Angka 40 menunjukkan masa 40 juta tahun yang lalu. 0 adalah masa sekarang.

Selanjutnya muncul pertanyaan, bagaimana sebenarnya para ilmuwan dapat mengetahui adanya pergerakan di lantai samudra? Kembali data magnetik menyingkap adanya pergerakan lantai samudera. Penemuan ilmiah yang menunjukkan adanya pola pembalikan kutub magnetik yang simetris di lantai samudera menuntun para ilmuwan pada kesimpulan bahwa jauh di dalam laut, di lantai samudera terjadi pergerakan yang simetris dan tepat di sumbunya terjadi punggungan yang dibentuk oleh magma pijar yang naik ke dasar samudra, “Dan laut yang di dalam tanahnya ada api” (Ath-Thuur, 52:6).

Dari rekaman data megnetik yang tersimpan dalam batuan Brunches pada tahun 1906 menemukan adanya arah yang berlawanan dengan arah kemagnetan yang ada pada saat ini (Wyllie, 1971). Secara periodik ternyata, kutub utara dan kutub selatan pernah, bahkan berkali-kali, bertukar tempat. Pertukaran tempat tersebut tersimpan rekamannya dalam tubuh batuan. Para ahli menyebut pola pembalikan kutub magnet ini sebagai magnetic reversal. Bila polaritas magnetik sama dengan kemagnetan saat ini maka para

**Gambar-5.5:** Fenomena pembalikan medan magnet bumi. Warna hitam menggambar polaritas normal yang sesuai arah medan magnet saat ini. Warna terang/putih mengambarkan medan magnet yang arahnya berlawanan dengan arah medan magnet saat ini. Fenomena pembalikan ini yang terekam dalam tubuh batuan, dan menuntun para ilmuwan untuk mengetahui apa yang terjadi di masa lalu (Sumber: www.lec.lancs.ac.uk ).

ahli menyebutnya polaritas normal (normal polarity), sedangkan bila berlawanan disebut polaritas terbalik (reversed polarity). Dalam satu seri kolom batuan para ahli menandai polaritas nomal dengan warna gelap (hitam) sedangkan polaritas terbalik digambarkan dengan warna terang (putih). Gambar-5.5 menunjukkan bagaimana satu seri batuan yang berumur hingga 5 juta tahun yang lalu mengalami beberapa kali pembalikan kutub magnet.

Dari sejumlah data yang diperoleh para ilmuwan melalui ekspedisi kelautan baik yang dilakukan saat Perang Dunia II maupun sesudahnya para ahli menemukan fenomena pembalikan kutub magnet di dasar samudera. Gambar-5.6a adalah idealisasi pola kemagnetan di lantai samudra, sedang Gambar-5.6b memperlihatkan pola anomali magnetik yang diperoleh dari lantai Samudera Atlantik. Dalam gambar tersebut tampak sumbu yang bertepatan dengan punggungan tengah samudera dan menjauhi sumbu punggungan tengah samudera terlihat pola garis-garis hitam-putih yang simetri. Bila digabung dengan umur batuan, maka tampak batuan di punggungan tengah samudera relatif sangat muda di banding di kanan kirinya. Dari fenomena pola pembalikan kutub magnet di dasar samudera ini muncul konsep Pemekaran Dasar Samudra

Berangkat dari teori Apungan Benua dan Pemekaran Samudra, ahli geologi sampai pada simpulan tentang teori Tektonik Lempeng. Teori ini berkembang sangat cepat sejak pertama dikemukakan terutama dengan adanya dukungan teknologi observasi melalui satelit, teknologi kelautan, maupun teknologi komputasi. Salah satu contoh adalah peran GPS (Global Positioning System) yang dapat memantau pergerakan lempeng dari waktu ke waktu dalam orde milimeter. Selain itu, data gempa berikut penjalaran gelombangnya membuka jendela bumi lebih jauh antara lain

**Gambar-5.6:** Idealisasi fenomena pembalikan medan magnet yang terakam dalam litosfer (kulit bumi). (a). Warna gelap menggambarkan polaritas normal, seperti kondisi saat ini, dimana kutub magnet utara berada di kutub utara geografi. Adapun warna terang/putih menggambarkan polaritas terbalik dimana kutub utara berada di kutub selatan geografi. Pada sumbu punggungan tengah samudra (garis tebal hitam putus-putus) tempat magma keluar ke lantai samudra. Setelah membeku menjadi batuan, medan magnet yang terekam seolah-olah terkunci di dalamnya. Semakin menjauhi sumbu punggungan tengah samudra umur batuan semakin tua. (b). Pola magnetik bolak-balik yang diperoleh dari survei geologi-geofisika kelautan di Lautan Atlantik (Sumber: USGS dan www.cliffshade.com)

semakin diketahuinya bentuk lempengan yang menunjam di bawah benua. Data geokimia juga menunjukkan adanya pola yang teratur antara geometri lempeng ang menunjam dengan penyebaran gunungapi. Sejak itu tektonik lempeng mempengaruhi pemikiran ke seluruh aspek geologi, termasuk terjadinya gempa bumi, gunung api, sampai pada perkembangan cekungan hidrokarbon maupun pembentukan mineral. Di Indonesia Prof. J.A. Katili, ilmuwan terkemuka Indonesia, merupakan pelopor yang mendorong aplikasi tektonik lempeng.

Lebih lanjut ayat 1-4 surah az-Zalzalah menerangkan bahwa jika diguncang dengan guncangan yang sangat besar, maka bumi akan mengeluarkan isi perutnya. Kandungan bumi yang dimuntahkan mungkin berupa api, batu-batuan, lahar dan pasir, dan itu semua membawa bencana. Manusia pun takut dan bertanya-tanya: “Ada apa ini, mengapa dahsyat sekali, apa gerangan yang akan terjadi pada bumi ini?” Suatu keadaan yang belum pernah terlihat sebelumnya pun terjadi; ibu-ibu yang menyusui anaknya menjadi lupa pada anak yang sedang disusuinya, wanita hamil menggugurkan kandungannya, kebingungan dan kecemasan melanda, orang-orang seperti mabuk padahal tidak. Semua ini digambarkan dengan jelas dalam Al-Qur'an,

يَوْمَ تَرَوْنَهَا تَذْهَلُ كُلُّ مُرْضِعَةٍ عَمَّآ اَرْضَعَتْ وَتَضَعُ كُلُّ ذَاتِ حَمْلٍ حَمْلَهَا وَتَرَى النَّاسَ سُكٰرٰى وَمَا هُمْ بِسُكٰرٰى وَلٰكِنَّ عَذَابَ اللّٰهِ شَدِيْدٌ

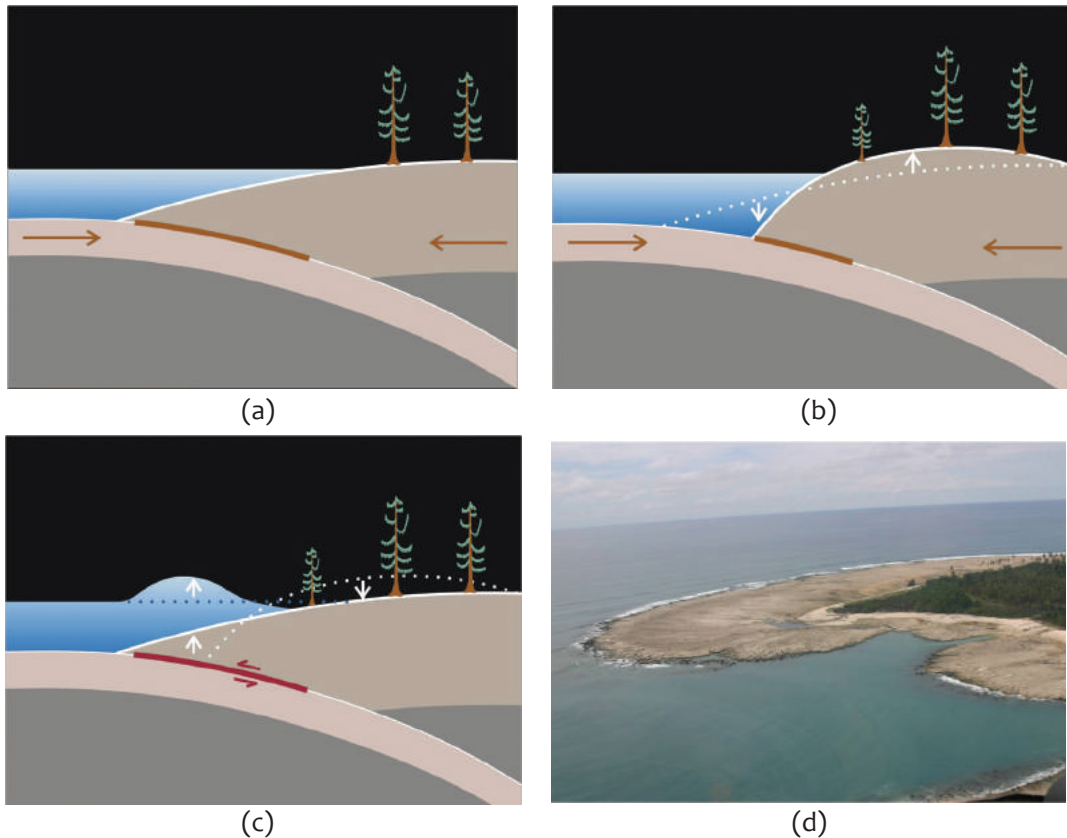
*(Ingatlah) pada hari ketika kamu melihatnya (goncangan itu), semua perempuan yang menyusui anaknya akan lalai terhadap anak yang disusuinya, dan setiap perempuan yang hamil akan keguguran kandungannya, dan kamu melihat manusia dalam keadaan mabuk, padahal sebenarnya mereka tidak mabuk, tetapi azab Allah itu sangat keras.*
(al-Ḥaj/22: 2)

Hari kiamat memang sangat dahsyat, dimulai dengan kehancuran seluruh alam, langit dan bumi serta segala isinya, kemudian dilanjut dengan kebangkitan manusia dari kubur untuk menghadapi *yaumul-ḥisāb* (hari penghitungan amal perbuatan, untuk menerima balasan). Amal baik dibalas dengan ganjaran baik, dan amal buruk dibalas dengan siksa.

Hari itu, bumi berperan penting dan menentukan. Bumi menjadi penyampai berita tentang keadaan yang tidak seperti biasanya; melalui guncangan yang sangat besar yang berakibat pada hidup dan matinya manusia dan makhluk lainnya. Seakan-akan bumi mengatakan, kejadian itu memang luar biasa, tidak sebagaimana biasanya. Inilah gambaran kiamat, hancurnya alam dan bumi tempat tinggal manusia dan makhluk lainnya.

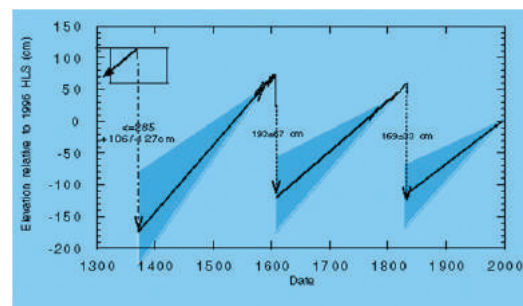
Dalam skala yang lebih kecil, ini dapat dilihat pada peristiwa gempa tektonik. Lempeng-lempeng litosfer bergerak dan saling berinteraksi satu sama lain. Pertemuan lempengan ini menimbulkan gempa bumi. Indonesia merupakan tempat pertemuan tiga lempeng, yaitu Eurasia, Pasifik dan Hindia-Australia. Bila dua lempeng bertemu, terjadi tekanan (beban) yang terus-menerus. Bila lempengan tidak mampu lagi menahan tekanan (beban), lepaslah beban yang telah terkumpul ratusan tahun itu, dan dikeluarkan dalam bentuk gempa bumi.

Apabila bumi diguncangkan dengan guncangan yang dahsyat, ayat pertama Surah az-Zalzalah dengan amat jelas menyebutkan goncangan bumi akibat gempa bumi yang dahsyat. Gempa bumi dengan magnitudo M=9.2 seperti terjadi di Provinsi Nangroe Aceh Darussalam (NAD) pada akhir tahun 2004 yang menimbulkan tsunami raksasa telah menghancurkan dalam sekejap sebagian wilayah NAD dan bahkah menerjang sebagian pantai di kawasan Lautan Hindia. Lebih dari 200 ribu jiwa dalam sekejap hilang dalam peristiwa tersebut. Dasar laut terkoyak dengan panjang koyakan hampir 1000 km. Pada ayat kedua dan bumi telah mengeluarkan beban-beban berat (yang dikandung)nya, secara ilmiah memang demikian keadaannya. Gambar-5.7 (Sieh dan Natawidjaja, komunikasi pribadi) simplifikasi bagaimana gempa bumi dan tsunami terjadi.

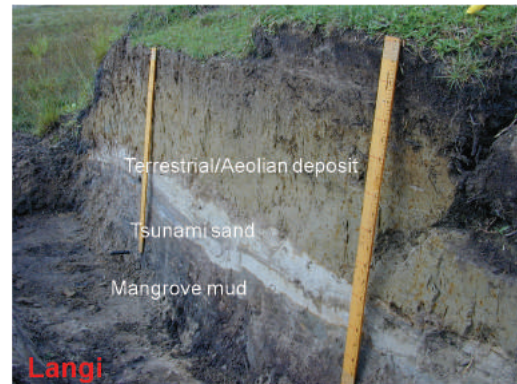
Pada Gambar-5.7a, menggambarkan bagaimana 2 (dua) lempeng saling berinteraksi, dan sebagai contoh lempeng

**Gambar-5.7** adalah ilustrasi sederhana bagaimana gempa dan tsunami terjadi, dan untuk memudahkan diibaratkan lempeng Samudra Hindia menabrak dan menyusup di bawah lempeng Sumatra (a) adalah kondisi awal, (b) ketika lempeng Sumatra mulai terseret dan termampatkan (perhatikan garis titik-titik putih yang menggambarkan posisi awal lempeng Sumatra dan tanda panah yang menggambarkan bagian yang turun dan bagian yang naik sbelum terjadinyanya gempa), (c) lempeng Sumatra tidak dapat menahan beban dan melepaskan bebannya dan kembali ke posisi semua di sertai goncangan dahsyat yang disebut gempa bumi dan tsunami (perhatikan tanda panah yang menggambarkan bagian yang naik dan turun), (d) adalah bagian barat P. Simeuleu yang naik ketika gempa Aceh terjadi (Sumber: Sieh dan Natawidjaja, 2005)

Samudra Hindia bertumbukan dengan lempeng Sumatra. Pada gambar tampak lempeng Hindia menabrak dan menyusup di bawah lempeng Sumatra. Lempeng yang menyusup (subducted plate) membentuk apa memebentuk zona subduksi. Bertahun-tahun bahkan sampai ratusan tahun lempeng Hindia ini menekan Lempeng Sumatra dengan kecepatan berkisar 6-7cm/tahun. Gambar-5.7b, lempeng Sumatra, ibarat sebuah per atau pegas, yang di desak lempeng Samudra Hindia. Bila tekanan telah berlangsung selama 200 tahun, maka lempeng Sumatra akan terseret dan termampatkan kira-kira sebesar 12-14 m. Ketika beban itu tidak tertahankan maka lempeng Sumatra yang ibarat pegas melenting kembali ke posisi semula (Gambar-5.7c) dan sejumlah energi terlepas sebagai gempa yang dapat memicu tsunami. Setelah gempa terlepas, maka siklus pengumpulan energi dari awal dimulai kembali (Gambar-5.7a) dan untuk sampai pada kekuatan gempa yang sama dibutuh secara teoritis waktu 200 tahun. Kedahsyatan kekuatan gempa dapat dilihat pada Gambar -5.7d yang menunjukkan daratan P. Simeuleu naik dan bertambah luas akibat gempa Nias pada tahun 2005.

Sering ditanyakan apakah tanda-tanda awal datangnya gempa dapat diketahui? Pada dasarnya banyak tanda-tanda fisik yang mendahului sebelum gempa terjadi. Sebagai contoh adalah adanya gempa awal (foreshocks), peningkatan gas radon di suatu sumur, muncul medan elektromagnetik dll. Gambar-5.7b menunjukkan hal menarik yakni pada fase sebelum gempa terjadi ada bagian daratan yang naik dan turun (ditunjukkan oleh tanda panah). Jadi, pada dasarnya tanda-tanda akan terjadinya gempa di suatu tempat dapat diketahui melalui pengamatan yang cermat baik pengamatan geologi di lapangan maupun dengan menggunakan GPS yang mampu merekam pergerakan kerak bumi dari waktu ke waktu dengan tingkat ketelitian yang tinggi. Namun, perlu dikemukakan meski tanda-tanda awal datangnya gempa dapat diamati, tetap saja masih sangat sulit menentukan waktu datangnya gempa bumi. Hal ini disebabkan kompleksitas proses deformasi yang terjadi di dalam kerak bumi.

(a)

(b)

**Gambar-5.8:** (a). Tubuh fosil terumbu karang di Kep Mentawai yang merekam kejadian gempa pada tahun 1797, 1808, 1816 dan 1833. (b). Grafik yang menunjukkan perulangan gempa di Mentawai (Sumber: Sieh dan Natawidjaja).

Selanjutnya ayat ketiga berbunyi Dan manusia bertanya, “Apa yang terjadi pada bumi ini?”. Pertanyaan ini terucapakan acapkali terjadi gempa bumi. Ketika gempa bumi dahsyat terjadi di Aceh hampir semua berpikir dan bertanya apakah ini kiamat? Selanjutnya pada ayat keempat Allah berfirman, “Pada hari itu bumi menyampaikan beritanya”. Seperti halnya medan magnet yang terekam oleh tubuh batuan, peristiwa gempa bumi juga terekam dalam tubuh batuan atau di tubuh tanah (soil). Berita-berita yang tersimpan dalam formasi geologi itu dibaca kembali oleh para ahli geologi. Sebagai contoh adalah gempa bumi yang terekam dalam tubuh fosil terumbu karang ataupun tsunami yang terekam di dalam bentuk endapan sedimen. Sejumlah penelitian yang dilakukan para peneliti di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) yang bekerja dengan California Institute of Technology (Caltech) di Kepulauan Mentawai sejak dekade sembilan puluhan telah mengungkap adanya serangkaian gempa-gempa besar yang terekam di tubuh terumbu karang yang telah memfosil di kepulauan tersebut. Jejak-jejak tsunami masa lalu juga diketahui di pantai-pantai yang berhadapan langsung dengan lautan Hindia seperti di Sumatra ataupun di Jawa. Gambar-5.8 memperlihatkan tubuh fosil terumbu karang yang merekaman kejadian gempa di masa lalu gempa yang tersimpan di tubuh fosil terumbu karang dan grafis ideal yang menunjukkan pola perulangan gempa di Kepulauan Mentawai (Sumber: Natawidjaja, komunikasi pribadi)). Adapun gambar 5.9 adalah rekaman tsunami di P. Simelue (Sumber: Yulianto, komunikasi pribadi) dan rekaman tsunami masa lalu di Chili yang menggambarkan wilayah tersebut dihantam tsunami berkali-kali (Sumber: Atwater, komunikasi pribadi).

(a)

(b)

Gambar-5.9: Jejak tsunami yang terjadi di masa lalu di Simelue (a) dan Chili (b). Rekaman tsunami masa lalu di Chili disimpan dengan baik di alam, dimana jejaknya dapat diikut hingga 1000 tahun yang lalu (Sumber: Yulianto dan Atwater, komunikasi pribadi)2010.

Sebagian mufassir memahami ayat 1-4 Surah az-Zalzalah ini sebagai gambaran awal kejadian kiamat. Sebagian lain berpendapat bahwa itu merupakan gambaran yang dapat terjadi sekarang, sebelum kiamat, sebagai peringatan bagi manusia. Keadaan pada hari kiamat nanti tentu lebih hebat lagi, karena bersifat total dan menyeluruh. Kehidupan dunia berakhir dan digantikan dengan kehidupan akherat yang dimulai dengan kebangkitan

semua manusia dari kubur, berkumpul di padang maḥsyar, mengikuti *yaumul-ḥisāb*.

Tentang hebatnya guncangan pada hari kiamat, Al-Qur'an menggambarkan,

يٰٓاَيُّهَا النَّاسُ اتَّقُوْا رَبَّكُمْۚ اِنَّ زَلْزَلَةَ السَّاعَةِ شَيْءٌ عَظِيْمٌ

*Wahai manusia! Bertakwalah kepada Tuhanmu; sungguh, guncangan (hari) Kiamat itu adalah suatu (kejadian) yang sangat besar. (al-Ḥajj/22: 1)*

Ayat 1-10 Surah aṭ-Ṭūr/53: 1-10 menjelaskan bahwa Allah bersumpah dengan menyebut beberapa makhluknya yang penting dan potensial dalam perjalanan sejarah manusia. *Pertama, Ṭūr* (bukit). Maksudnya adalah *Ṭūrisīna* (bukit Sina), tempat Nabi Musa menerima wahyu sebelum menjalankan tugas menemui dan menyadarkan Raja Fir‘aun di Mesir. Kedua, kitab yang ditulis pada lembaran yang terbuka yang berisi hukum dan petunjuk untuk Bani Israel, setelah terbebas dari penderitaan mereka di bawah perbudakan Fira'un. *Ketiga*, *al-Baitul Ma'mūr* (Kabah). *Keempat*, langit yang menjadi atap bagi manusia yang tinggal di bumi. *Kelima*, lautan yang penuh gelombang.

Setelah sumpah-sumpah itu, apa yang dinyatakan Allah selanjutnya? Tidak lain adalah penegasan bahwa azab Allah pasti ada, akan menimpa manusia yang melanggar dan melawan ketentuan-Nya, dan tidak ada seorang pun yang dapat mengelak darinya. Saat itu, bumi berguncang, langit pecah berkeping-keping, gunung-gunung berhamburan dan beterbangan, sehingga saling bertabrakan satu dengan sangat keras. Maka dari itu, dikatakan bahwa gunung-gunung bergerak dan berjalan seperti jalannya awan di langit.

Tentang ayat ini, para ahli tafsir juga berbeda pendapat. Sebagian mengatakan bahwa peristiwa ini terjadi pada hari kiamat, sedang sebagian yang lain berpendapat bahwa peristiwa ini kecuali terjadi pada hari kiamat, dapat juga terjadi sekarang, tentunya dengan skala yang lebih kecil, lokal, atau parsial. Sedangkan pada hari kiamat terjadi secara total di seluruh alam.

## B. Proses Hidrologi

Air yang sangat penting bagi kehidupan banyak disebut dalam Al Qur'an. Proses hidrologi bahkan dengan sangat jelas dalam firman-firman Allah.

Perhatikan beberapa ayat berikut:

1. Surah an-Nūr/24: 43

اَلَمْ تَرَ اَنَّ اللّٰهَ يُزْجِيْ سَحَابًا ثُمَّ يُؤَلِّفُ بَيْنَهٗ ثُمَّ يَجْعَلُهٗ رُكَامًا فَتَرَى الْوَدْقَ يَخْرُجُ مِنْ خِلٰلِهٖۚ وَيُنَزِّلُ مِنَ السَّمَاۤءِ مِنْ جِبَالٍ فِيْهَا مِنْۢ بَرَدٍ فَيُصِيْبُ بِهٖ مَنْ يَّشَاۤءُ وَيَصْرِفُهٗ عَنْ مَّنْ يَّشَاۤءُۗ يَكَادُ سَنَا بَرْقِهٖ يَذْهَبُ بِالْاَبْصَارِ

*Tidakkah engkau melihat bahwa Allah menjadikan awan bergerak perlahan, kemudian mengumpulkannya, lalu Dia menjadikannya bertumpuk-tumpuk, lalu engkau lihat hujan keluar dari celah-celahnya dan Dia (juga) menurunkan (butiran-butiran) es dari langit, (yaitu) dari (gumpalan-gumpalan awan seperti) gunung-gunung, maka ditimpakan-Nya (butiran-butiran es) itu kepada siapa yang Dia kehendaki dan dihindarkan-Nya dari siapa yang Dia kehendaki. Kilauan kilatnya hampir-hampir menghilangkan penglihatan. (an-Nūr/24: 43)*

### *Yuzjī saḥāban* (an-Nūr/24: 43)

Yuzjī adalah fi‘il muḍāri‘ dari azjā yuzjī izjā'ān, artinya mendorong sesuatu agar teratur atau menggiring itik supaya berjalan berbaris secara teratur. Sedangkan saḥāb berasal dari kata saḥaba diartikan awan karena ada angin yang mendorongnya, atau karena satu sama lain saling berkejaran. Yuzjī saḥāban berarti mendorong awan secara perlahan-lahan, atau dengan ungkapan lain Allah membuat awan bergerak perlahan sehingga berkumpul. Awan yang berkumpul dan bertumpuk di udara dingin, akhirnya mengembun dan menjadi hujan. Atau karena sangat dingin, membeku sehingga menjadi butiran-butiran es dan berjatuhan ke bumi.

### *Jufā'an* (ar-Ra’d 13:17)

Secara bahasa, jufā'an berarti tidak ada harganya. Berasal dari kata kerja jafā yajfī jafyan, artinya membanting, mencabut. Jufāyah berarti kapal yang tidak bermuatan. Melalui ungkapan ini, Allah menggambarkan adanya kebenaran dan kebatilan di muka bumi. Kebatilan yang diibaratkan sebagai buih, yang tampak banyak dan menarik, tetapi suatu saat akan hilang sebagai jufā'an, sesuatu yang tidak ada harganya. Sedangkan kebenaran yang memberi manfaat bagi kehidupan manusia, akan memiliki makna dan waktu bertahan lebih lama di muka bumi. Demikian ketentuan Allah yang berlaku pada alam, benda-benda yang tidak berguna akan hilang dan aus, sedang yang berguna akan terjaga dan terpelihara.

2. Surah ar-Ra‘d/13: 17.

أَنزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَالَتْ أَوْدِيَةٌ بِقَدَرِهَا فَاحْتَمَلَ السَّيْلُ زَبَدًا رَّابِيًا ۚ وَمِمَّا يُوقِدُونَ عَلَيْهِ فِي النَّارِ ابْتِغَاءَ حِلْيَةٍ أَوْ مَتَاعٍ زَبَدٌ مِّثْلُهُ ۚ كَذَٰلِكَ يَضْرِبُ اللَّهُ الْحَقَّ وَالْبَاطِلَ ۚ فَأَمَّا الزَّبَدُ فَيَذْهَبُ جُفَاءً ۖ وَأَمَّا مَا يَنفَعُ النَّاسَ فَيَمْكُثُ فِي الْأَرْضِ ۚ كَذَٰلِكَ يَضْرِبُ اللَّهُ الْأَمْثَالَ

*Allah telah menurunkan air (hujan) dari langit, maka mengalirlah ia (air) di lembah-lembah menurut ukurannya, maka arus itu membawa buih yang mengambang. Dan dari apa (logam) yang mereka lebur dalam api untuk membuat perhiasan atau alat-alat, ada (pula) buihnya seperti (buih arus) itu. Demikianlah Allah membuat perumpamaan tentang yang benar dan yang batil. Adapun buih, akan hilang sebagai sesuatu yang tidak ada gunanya; tetapi yang bermanfaat bagi manusia, akan tetap ada di bumi. Demikianlah Allah membuat perumpamaan.*

3. Surah an-Naml/27: 60.

أَمَّنْ خَلَقَ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ وَأَنزَلَ لَكُم مِّنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَنبَتْنَا بِهِ حَدَائِقَ ذَاتَ بَهْجَةٍ مَّا كَانَ لَكُمْ أَن تُنبِتُوا شَجَرَهَا ۗ أَإِلَٰهٌ مَّعَ اللَّهِ ۚ بَلْ هُمْ قَوْمٌ يَعْدِلُونَ

*Bukankah Dia (Allah) yang menciptakan langit dan bumi dan yang menurunkan air dari langit untukmu, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu kebun-kebun yang berpemandangan indah? Kamu tidak akan mampu menumbuhkan pohon-pohonnya. Apakah di samping Allah ada tuhan (yang lain)? Sebenarnya mereka adalah orang-orang yang menyimpang (dari kebenaran).*

# TAFSIR

AYAT 43 SURAH AN-NŪR menjelaskan proses penciptaan hujan. Berawal dari awan yang saling mendorong, berkumpul, dan bertumpuk-tumpuk. Karena udara di langit dingin, terbentuk embun atau bahkan membeku menjadi butiran-bitiran es yang kemudian berjatuhan ke bumi. Allah berfirman,

وَاِنْ يَّرَوْا كِسْفًا مِّنَ السَّمَاۤءِ سَاقِطًا يَّقُوْلُوْا سَحَابٌ مَّرْكُوْمٌ

*Dan jika mereka melihat gumpalan-gumpalan awan berjatuhan dari langit, mereka berkata, "Itu adalah awan yang bertumpuk-tumpuk." (aṭ-Ṭūr/52: 44)*

Awan yang bertumpuk-tumpuk, sebagian besar menjadi air hujan. Hanya sebagian kecil yang membuka kemudian menjadi butiran-butiran es. Karena itulah hujan tercurah ke bumi. Allah berfirman,

وَّاَنْزَلْنَا مِنَ الْمُعْصِرٰتِ مَاۤءً ثَجَّاجًا

*dan Kami turunkan dari awan, air hujan yang tercurah dengan hebatnya, (an-Nabā'/78: 14)*

Demikianlah, air yang dibutuhkan bumi, manusia, dan makhluk lainnya telah tersedia dengan cukup. Tentu sesuai ukuran yang diperlukan, tidak lebih dan tidak kurang. Allah berfirman

وَالَّذِيْ نَزَّلَ مِنَ السَّمَاۤءِ مَاۤءًۢ بِقَدَرٍۚ فَاَنْشَرْنَا بِهٖ بَلْدَةً مَّيْتًاۚ كَذٰلِكَ تُخْرَجُوْنَ

*Dan yang menurunkan air dari langit menurut ukuran (yang diperlukan) lalu dengan air itu Kami hidupkan negeri yang mati (tandus). Seperti itulah kamu akan dikeluarkan (dari kubur).* (az-Zukhrūf/43: 11)

***Żāta bahjah*** **(an-Naml/27: 60 )**

Żāta bahjah terdiri dari dua kata, żāt yang berarti memiliki dan bahjah yang artinya keindahan. Berasal dari kata kerja bahuja yabhuju bahjatan yang berarti bagus, cantik, elok, dan indah. Air hujan, sebagaimana diterangkan ayat ini, bukan hanya menumbuhkan tumbuhan, sayur-sayuran, dan buah-buahan yang dibutuhkan tubuh manusia, tapi juga menumbuhkan kebun dengan berbagai tanaman bunga yang indah, menyegarkan, dan menyenangkan jiwa manusia. Manusia yang terdiri dari dua unsur, yaitu fisik dan psikis (jiwa), membutuhkan semua itu sebagai fooding atau makanannya.

Jelas bahwa proses terjadinya air hujan bermula dari awan mendung yang menggumpal di langit. Karena sifatnya yang dapat mengeluarkan kilat listrik, serta menimbulkan halilintar dan geledek yang menakutkan, sebagian orang pun takut akan keberadaannya. Ada juga yang bahagia dan berharap cemas, karena itu penanda hujan akan datang. Allah berfirman,

هُوَ الَّذِيْ يُرِيْكُمُ الْبَرْقَ خَوْفًا وَّطَمَعًا وَّيُنْشِئُ السَّحَابَ الثِّقَالَ

*Dialah yang memperlihatkan kilat kepadamu, yang menimbulkan ketakutan dan harapan, dan Dia menjadikan mendung.*
(ar-Ra'd/13: 12)

Agar hujan tidak hanya turun di satu tempat, Allah menghembuskan angin untuk mendorong awan. Hujan tersebar, manfaatnya pun menyebar ke berbagai tempat lainnya. Begitulah kekuasaan-Nya yang digambarkan kepada makhluk-makhluk-Nya. Allah berfirman,

وَاخْتِلَافِ الَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَمَآ اَنْزَلَ اللّٰهُ مِنَ السَّمَاۤءِ مِنْ رِّزْقٍ فَاَحْيَا بِهِ الْاَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَتَصْرِيْفِ الرِّيٰحِ اٰيٰتٌ لِّقَوْمٍ يَّعْقِلُوْنَ

*dan pada pergantian malam dan siang dan hujan yang diturunkan Allah dari langit lalu dengan (air hujan) itu dihidupkan-Nya bumi setelah mati (kering); dan pada perkisaran angin terdapat pula tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang mengerti.* (al-Jāṡiyah/45: 5)

Ayat 17 Surah ar-Ra'd menjelaskan betapa air hujan itu mengalir ke berbagai penjuru dalam bentuk sungai-sungai melalui lembah, baik yang lebar maupun kecil. Air yang terus mengalir itu menggerus apa yang ada di permukaan bumi melalui proses yang disebut erosi dan mengendapkannya di tempat-tempat yang lebih rendah, dan terus menuju le laut sampai di laut. Sebagian air diserap bumi, dimanfaatkan manusia untuk minum, mandi, mencuci, atau untuk menyiram tanam-tanaman bunga, sayur-sayuran, buah-buahan, dan minuman ternak peliharaan. Allah berfirman,

هُوَ الَّذِيْٓ اَنْزَلَ مِنَ السَّمَاۤءِ مَاۤءً لَّكُمْ مِّنْهُ شَرَابٌ وَّمِنْهُ شَجَرٌ فِيْهِ تُسِيْمُوْنَ

*Dialah yang telah menurunkan air (hujan) dari langit untuk kamu, sebagiannya menjadi minuman dan sebagiannya (menyuburkan) tumbuhan, padanya kamu menggembalakan ternakmu.* (an-Naḥl/16: 10)

Persediaan air di bumi memang sudah diatur Allah, sesuai kebutuhan dan keperluan makhluk. Jika lebih, Allah akan menyalurkannya sesuai sifat-sifat air. Allah berfirman,

وَاَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاۤءِ مَاۤءًۢ بِقَدَرٍ فَاَسْكَنّٰهُ فِى الْاَرْضِۖ وَاِنَّا عَلٰى ذَهَابٍۢ بِهٖ لَقٰدِرُوْنَ

*Dan Kami turunkan air dari langit dengan suatu ukuran; lalu Kami jadikan air itu menetap di bumi, dan pasti Kami berkuasa melenyapkannya.* (al-Mukminūn/23: 18)

Jadi, jika tanpa ulah tangan manusia yang merusak, kehidupan dan perjalanan alam ini semestinya berlangsung tertib, teratur, dan harmonis; yang tidak berguna akan lenyap dan yang bermanfaat akan terus ada.

Dengan gaya kalimat bertanya, ayat 60 Surah an-Naml menjelaskan bahwa langit,

bumi, air sebagai sumber kehidupun manusia, pohon-pohon di hutan dan tanam-tanam di kebun yang indah serta ladang yang luas, semuanya adalah ciptaan Allah. Air hujan yang turun dari langit dan menyuburkan bumi, tidak hanya menumbuhkan berbagai tanaman yang dibutuhkan bagi perkembngan fisik manusia, tetapi juga menumbuhkan berbagai kebun dan taman yang indah dan menyegarkan. Dengan demikian, bukan hanya kebutuhan fisik yang terpenuhi, tapi juga kebutuhan psikis atau kejiwaan melalui berbagai keindahan bunga yang indah di taman.

Hal yang sama juga terjadi pada air. Sebagai sarana kehidupan makhluk di bumi, Allah selalu menyediakannya secara terus-menerus. Allah berfirman,

*Katakanlah (Muhammad), "Terangkanlah kepadaku jika sumber air kamu menjadi kering; maka siapa yang akan memberimu air yang mengalir?"*
(al-Mulk/67: 30)

Demikianlah, secara retorik dalam bentuk kalimat tanya, Allah menegaskan bahwa air yang merupakan sarana utama bagi kehidupan semua makhluk hayati akan selalu tersedia dengan cukup di bumi ini. Meski begitu, sebagai *khalīfah* di bumi, manusia perlu menjaga agar air itu tetap dengan mudah dan tidak terlalu jauh dapat diperoleh manusia dan makhluk-makhluk lainnya, untuk memenuhi kehidupan sehari-hari mereka.

## Bumi Sebagai Planet Biru

Seperti telah dikemukakan dalam Bab-I bahwa para ahli kebumian mengatakan bahwa jika bumi ini dilihat dari luar angkasa, tampak berbeda dengan benda-benda langit lainnya. Pantulan warna biru yang sangat dominan merupakan ciri khas planet bumi. Warna biru tersebut terpantul dari bumi karena sebagian besar permukaannya tertutup air, dalam bentuk samudra dan laut. Adanya air di bumi adalah salah satu "keajaiban". Dengan air, berbagai proses di permukaan bumi berlangsung, termasuk proses-proses kehidupan. Karena itu tidak berlebihan bila bumi ada yang menyebutnya sebagai planet biru atau planet air, karena memang tiga perempat pemukaan bumi ditutup oleh air. Air itu sendiri merupakan zat yang ajaib, karena di dalamnya memiliki sifat-sifat yang memungkinkan bereaksi dan berinteraksi, baik secara fisik maupun kimia, dengan benda-benda lain. Keberadaan air di bumi adalah keistimewaan tersendiri, karena secara teoritik kemungkinan keberadaan air pada suatu tempat di alam semesta kecil sekali. Dan interaksi antara air dengan mineral-mineral serta zat-zat lainnya (tanah), yang menghasilkan makhluk hidup untuk kemudian tumbuh dan berkembang, di mana di dalamnya terjadi proses-proses metabolisme, adalah keajaiban-keajaiban lainnya.

Di alam semesta, air atau unsur-unsur penyusun air terbentuk sebagai hasil sampingan pada proses pembentukan bintang. Ketika bintang mulai terbentuk, di sebelah luarnya terbentuk pula badai debu dan gas. Air dijumpai sebagai awan antar bintang *(interstellar cloud)* di galaksi kita (Bimasakti). Air mungkin dijumpai pula di galaksi lain dalam jumlah yang berlimpah, karena *oksigen* dan *hidrogen* termasuk unsur-unsur yang paling banyak jumlahnya di alam semesta .

Awan antar bintang biasanya terkumpul menjadi nebula surya (solar nebulae), atau tata surya seperti matahari kita. Pada daerah tata surya kita, air banyak didapati di luar bumi, tetapi pada umumnya dijumpai dalam bentuk gas atau es. Sedangkan dalam bentuk cair, praktis hanya dijumpai di bumi.

Sebagai perbandingan, dalam bentuk uap air, keberadaan air di beberapa planet dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Merkurius : 3,4 % di atmosfer dan sejumlah besar di Exosphere
2. Venus : 0,002 % di atmosfer
3. Bumi : sedikit di atmosfer (tergantung iklim)
4. Mars : 0,03 % di atmosfer
5. Jupiter : 0,0004 % di atmosfer
6. Saturnus : hanya sebagai es
7. Enceladus (bulan Saturnus) : 91 % di atmosfer
8. Exoplanet : HD 189733b dan HD 209458

Dalam bentuk cari, air hanya terdapat di planet tertentu saja, yaitu: Bumi (menutupi 71% permukaan) dan Bulan (hanya sedikit). Dalam bentuk padat (es), air dapat dijumpai di Bumi (sebagai es kutub dan lapisan), Mars (sebagai tudung es kutub), Titan, Enceladus, dan komet-komet

Berdasar kenyataan di atas, keberadaan molekul air dalam bentuk cair di bumi tampak sangat vital bagi berlangsungnya kehidupan di bumi. Jarak antara orbit bumi terhadap matahari yang sedemikian rupa sehingga molekul-molekul air bumi sebagian besar selalu tersedia dalam fase cair, menyebabkan bumi menjadi tempat yang "layak huni" bagi makhluk hidup. Apabila posisi bumi berada sedikit (misalnya 5 %) lebih dekat ke matahari, tampaknya ketersediaan bentuk tiga fase air (es/padat, cair/air, dan gas/uap air) di bumi kecil kemungkinannya. Gaya berat bumi menyebabkan selapis atmosfer yang cukup tertahan di permukaannya. Uap air, gas karbondioksida di atmosfer bertindak sebagai penyangga suhu sehingga lebih konstan. Apabila ukuran bumi kita lebih kecil, maka lapisan atmosfer akan lebih tipis sehingga perubahan suhu yang lebih ekstrim akan dirasakan di permukaan bumi. Lonjakan-lonjakan suhu akan mencegah akumulasi air di permukaan bumi, kecuali barangkali di kedua kutubnya.

Sungguh Maha Kuasa dan Maha suci Allah yang telah menciptakan langit, bumi, dan alam semesta ini tepat pada kadar ukuran yang paling baik. Allah berfirman,

*Mahasuci Allah yang menguasai (segala) kerajaan, dan Dia Mahakuasa atas segala sesuatu*
(al-Mulk/67: 1)

Selanjutnya manusia sebagai *khalīfatullāh fil-arḍ* yang bertugas memelihara dan melaksanakan hukum-hukum Allah di bumi, perlu mengetahui ketentuan-Nya yang berlaku di alam ini (hukum alam), dan menjaganya dari ulah tangan-tangan manusia yang ingkar dan memperturutkan hawa nafsu untuk memperoleh keuntungan duniawi yang sebesar-besarnya tanpa memperhatikan kerugian orang banyak. *Illegal logging* atau pembabatan hutan secara liar dan pendirian pabrik-pabrik yang memproduksi asap tebal tanpa memperhatikan kesehatan lingkungan, serta pabrik-pabrik yang

membuang limbah sembarangan telah membuat kerusakan di bumi seperti yang telah difirmankan oleh Allah dalam Surah ar-Rum/34:41 .

Menurut beberapa ahli Geofisika dan Geologi, meski pernah mengalami periode-periode penggurunan, dan berkali-kali zaman es, suhu permukaan bumi relatif konstan sepanjang sejarah geologi. Temperatur yang lebih nyaman dan stabil tercipta secara berangsur-angsur, setelah terbagi-baginya daratan Pangea menjadi beberapa benua, seperti: Amerika Utara dan Selatan, Eropa dan Afrika, serta Asia dan Australia. Terpecahnya daratan menyebabkan distribusi genangan laut di permukaan bumi lebih merata. Polarisasi suhu antara daerah panas di daratan dan daerah yang lebih dingin di laut pun berkurang. Dengan tersebarnya permukaan laut, maka hujan lebih sering terjadi di bumi, dan penyebaran daerah-daerah hujan menjadi lebih meluas dan lebih merata di permukaan bumi.

Jarak bumi terhadap matahari sangat menentukan suhu permukaan bumi. Dengan suhu permukaan seperti yang kita rasakan sekarang, ketiga fase air: padat, cair, dan gas, dapat ditemukan di bumi. Dengan adanya distribusi dan fluktuasi suhu di muka bumi sebagai akibat dari peredaran bumi mengelilingi matahari, keterdapatan fase-fase air tersebut berubah-ubah, seperti misalnya perubahan ketebalan lapisan es di kedua kutub dan daerah dingin di sekitarnya. Lebih jauh lagi, dengan adanya daur perubahan musim, terjadi pula pergerakan masa air yang terus-menerus sepanjang tahun dalam bentuk arus laut serta hembusan angin yang membawa awan dan hujan.

## Zat Penyangga Kehidupan

Keajaiban bumi yang terbesar adalah karena planet ini dihuni makhluk hidup, termasuk manusia. Dari milyaran bintang-bintang yang tersebar di alam semesta ini, sampai saat ini belum didapatkan bukti nyata tentang adanya makhluk hidup lain selain di bumi. Adanya kehidupan adalah karena adanya air. Karena keberadaan air merupakan salah satu persyaratan utama bagi berlangsungnya kehidupan, maka sebagian besar hidrosfer di bumi adalah juga viosfer (biosphere), yaitu zona atau lapisan di mana terdapat kehidupan di bumi.

Air murni adalah kumpulan molekul-molekul yang tersusun dari dua atom hydrogen dan satu atom oksigen, biasa ditulis dalam rumus kimia H2O. Baik Hidrogen maupun Oksigen memiliki titik didih yang sangat rendah, sehingga apabila dalam keadaan terpisah, masing-masing unsur ini umumnya dijumpai dalam bentuk gas (H2 dan O2) pada kondisi normal yang baku, yaitu pada suhu 20°C dan tekanan 1 Atmosfer. Pada tekanan udara yang normal di permukaan bumi (1 Atmosfer), molekul-molekul air bisa dijumpai dalam fase-fase padat, cair, atau gas, tergantung dari suhu lingkungannya. Pada suhu di bawah 0°C, molekul-molekul ini akan berada pada fase padat, atau dalam bentuk es. Sedangkan pada suhu di atas 100°C, akan berada pada fase gas. Air yang biasa kita manfaatkan berada di antara kedua suhu tersebut.

Dalam keadaan cair, molekul-molekul air mempunyai perilaku khusus, baik secara fisik maupun kimia, karena molekul air mempunyai sifat *bipolar*. Pada molekul air, atom oksigen mengikat kedua atom hidrogen tidak secara simetris, melainkan

membentuk sudut 104,450. Karena oksigen memiliki elektronegativitas lebih kuat daripada hydrogen, maka kutub oksigen memiliki muatan parsial negatif dan kutub hidrogen memiliki muatan parsial positif. Dengan adanya polarisasi muatan ini, maka molekul-molekul air saling tarik-menarik antara satu dengan lainnya, yaitu kutub negatif oksigen menarik kutub positif hidrogen molekul lainnya, dengan gaya tarik menarik yang disebut dengan istilah ikatan hydrogen *(Hydrogen bond).*

Sifat polarisasi ini juga menyebabkan air bisa melarutkan zat-zat ionic, terutama garam. Dengan mengelilingi setiap ion dengan molekul-molekul air, ion positif dikelilingi oleh kutub oksigen, dan ion negatif oleh kutub hydrogen. Karena ukuran molekul air yang kecil, maka setiap ion garam akan dikelilingi oleh banyak ion air.

Pada umumnya zat-zat lain yang memiliki sifat bipolar, seperti misalnya alkohol dan asam akan sangat mudah larut dalam air, sedangkan zat-zat yang non polar seperti misalnya lemak atau minyak susah larut. Suatu contoh larutan ionic adalah larutan garam dapur yang memiliki rumus kimia NaCl. Di dalam air, garam akan terdisosiasi menjadi ion-ion Na+ dan Cl- yang masing-masing akan dikelilingi oleh molekul-molekul air. Sedangkan contoh larutan non ionic adalah larutan gula. Kutub-kutub bipolar air akan tarik menarik dengan kutub-kutub bipolar gula, dengan suatu hubungan yang dikenal dengan jembatan hydrogen. Zat-zat non polar di dalam air akan tetap bersatu, membentuk gumpalan-gumpalan, karena diperlukan lebih besar energi bagi molekul air untuk membentuk jembatan hydrogen dengan zat non polar daripada antar mereka sendiri.

Keistimewaan sifat melarutkan (solvent) yang dimiliki air sangat vital dalam biologi. Berdasarkan pengalaman dan pengamatan kita di bumi, untuk kehidupan diperlukan air. Air adalah suatu materi yang memiliki sifat-sifat penting bagi semua bentuk kehidupan, baik tumbuhan, hewan termasuk manusia, dan jasad-jasad renik. Sebagai pelarut, keberadaan air menjadi prasyarat bagi terjadinya metabolisme, seperti halnya proses-proses fotosintesis. Pada proses fotosintesis, air dipecah dengan menggunakan energi sinar matahari menjadi atom-atom penyusunnya: hidrogen dan oksigen. Hidrogen dipakai untuk membentuk glukosa bersama dengan unsur karbon, sedangkan oksigen dilepas sebagai unsur gas ke udara. Demikian pula pada sel hewan, hampir semua reaksi biokimia penting tidak akan terjadi tanpa adanya pelarut air, seperti reaksi-reaksi di dalam sel *(cytoplasma)* atau di dalam darah. Pada dasarnya, air merupakan media terjadinya reaksi-reaksi yang menyebabkan senyawa-senyawa organik melakukan replikasi yang merupakan dasar dari proses-proses pertumbuhan dan perkembangbiakan.

Allah berfirman,

اَوَلَمْ يَرَ الَّذِيْنَ كَفَرُوْٓا اَنَّ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنٰهُمَاۗ وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاۤءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّۗ اَفَلَا يُؤْمِنُوْنَ

*Dan apakah orang-orang kafir tidak mengetahui bahwa langit dan bumi keduanya dahulunya menyatu, kemudian Kami pisahkan antara keduanya; dan Kami jadikan segala sesuatu yang hidup berasal dari air; maka mengapa mereka tidak beriman?*
(al-Anbiyā'/21: 30)

## Air: Selalu Bergerak dan Berubah

Meski mendominasi penampakan planet dan luar angkasa, keberadaan air di permukaan terbatas hanya di bagian permukaan bumi yang dikenal dengan hidrosfer (lapisan air). Bagian terbesar air menempati bagian-bagian terendah muka padatan bumi dalam bentuk laut dan samudra. Permukaan laut dan samudra meliputi kira-kira 71 % permukaan bumi, tetapi laut dan samudra menyimpan sekitar 97 % air yang ada di bumi. Cadangan yang cukup besar dijumpai dalam bentuk es di kutub dan di puncak-puncak gunung, atau dalam bentuk salju yang menutupi dataran yang terletak pada lintang rendah di musim dingin.

Di daratan, air dalam bentuk cair dijumpai dalam bentuk aliran permukaan (sungai) dan genangan di danau-danau, rawa, kolam, sawah, dan lain-lain. Di samping itu, air juga terdapat di atmosfer dalam bentuk uap yang biasa pula tampak sebagai awan, serta di dalam tanah dan batuan sebagai air tanah dangkal dan air tanah dalam, yang biasa kita ambil dari sumur gali maupun sumur bor, atau keluar sebagai mata air.

Pada kenyataannya, air selalu berubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya, serta bergerak dari satu tempat ke tempat lainnya dengan adanya aliran arus, baik di laut maupun di darat (sungai), dan adanya pergerakan angin. Pergerakan ini disertai pula dengan perubahan fase, dari fase gas (uap) menjadi cair (air) dan padat (es). Dengan demikian, setiap molekul pada suatu saat akan berubah menjadi bentuk lain dalam kurun waktu rata-rata tertentu untuk setiap bentuk (tabel 2) setelah waktu tinggalnya terlampaui. Pergerakan dan perubahan ini berjalan secara terus-menerus, dan pada suatu saat akan kembali lagi kepada bentuk semula. Mekanisme ini dikenal dengan istilah Daur Air.

| Bentuk air | Waktu tinggal rata-rata |
|---|---|
| Air laut | 3200 tahun |
| Es di kutub | 20 – 100 tahun |
| Salju musiman | 2 – 6 bulan |
| Kelembaban tanah | 1 – 2 bulan |
| Air tanah dangkal | 100 – 200 tahun |
| Air tanah dalam | 10.000 tahun |
| Danau (besar) | 50 – 100 tahun |
| Sungai | 2 – 6 bulan |
| Atmosfer | 9 hari |

**Tabel 2.** Umur rata-rata berbagai bentuk air

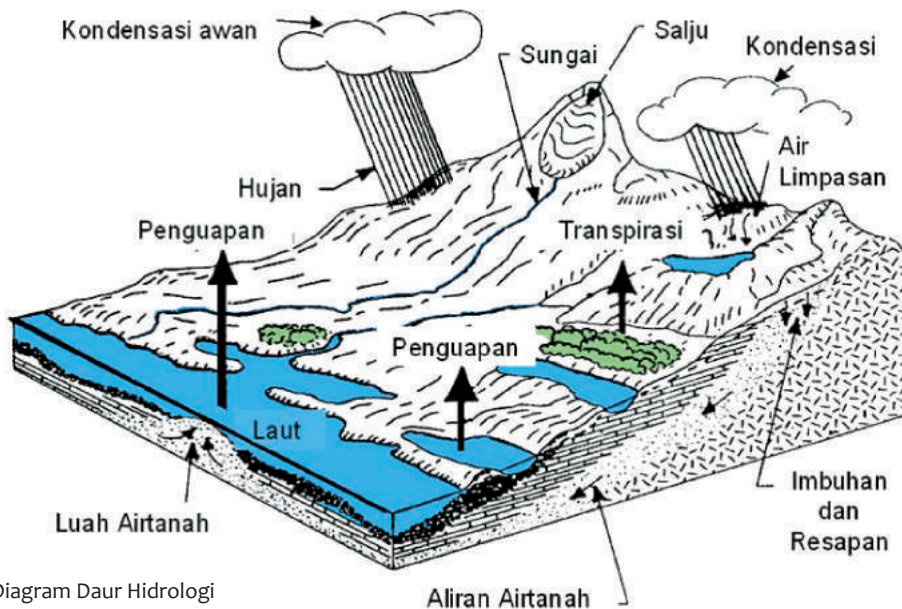
| Bentuk air | Volume | % |
|---|---|---|
| Air laut(Samudra) | 1.320.000.000 km$^3$ | 97,2 |
| Es | 25.000.000 km$^3$ | 1,8 |
| Air tanah | 13.000.000 km$^3$ | 0,9 |
| Air permukaan (di darat) | 250.000 km$^3$ | 0,9 |
| Uap air | 13.000 km$^3$ | 0,002 |

**Tabel 1.** Jumlah dan proporsi bentuk air di bumi

Proses Daur Air merupakan salah satu proses yang di dalam Al-Qur'an sering tersurat, dideskripsikan secara rinci dan mudah dimengerti, meski dengan ayat yang relatif singkat. Allah berfirman,

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللّٰهَ يُزْجِيْ سَحَابًا ثُمَّ يُؤَلِّفُ بَيْنَهُ ثُمَّ يَجْعَلُهُ رُكَامًا فَتَرَى الْوَدْقَ يَخْرُجُ مِنْ خِلٰلِهِ وَيُنَزِّلُ مِنَ السَّمَاۤءِ مِنْ جِبَالٍ فِيْهَا مِنْۢ بَرَدٍ فَيُصِيْبُ بِهِ مَنْ يَّشَاۤءُ وَيَصْرِفُهُ عَنْ مَّنْ يَّشَاۤءُ يَكَادُ سَنَا بَرْقِهِ يَذْهَبُ بِالْاَبْصَارِ

*Tidakkah engkau melihat bahwa Allah menjadikan awan bergerak perlahan, kemudian mengumpulkannya, lalu Dia menjadikannya bertumpuk-tumpuk, lalu engkau lihat hujan keluar dari celah-celahnya dan Dia (juga) menurunkan (butiran-butiran) es dari langit, (yaitu) dari (gumpalan-gumpalan awan seperti) gunung-gunung, maka ditimpakan-Nya (butiran-butiran es) itu kepada siapa yang Dia kehendaki dan dihindarkan-Nya dari siapa yang Dia kehendaki. Kilauan kilatnya hampir-hampir menghilangkan penglihatan.* (an-Nūr/24: 43)

Secara sederhana, Daur Air dapat diuraikan sebagai berikut: uap air di udara, apabila jumlahnya sudah cukup banyak, akan berkumpul menjadi awan. Apabila uap air di dalam awan ini sudah mencapai titik jenuh, akan berkondensasi menjadi air yang kemudian dijatuhkan ke bumi menjadi hujan. Pada daerah di mana suhu udara lebih rendah dari titik beku air, maka kondensasi itu akan menbentuk fase padat yang dijatuhkan dalam bentuk salju atau es. Dengan pemanasan, salju akan mencair. Air lelehan salju, sebagaimana pula air hujan, akan mengairi dan menggenangi bagian-bagian terendah permukaan bumi dalam bentuk sungai, danau, atau rawa di daratan, dan akhirnya mengalir ke laut. Sebagian aliran air ini akan meresap ke dalam bumi, mengalir dan tersimpan di dalam tanah dan batuan dalam bentuk air tanah dalam dan air tanah dangkal. Dengan adanya panas matahari, sebagian air yang mengalir dan menggenangi daratan dan lautan, akan menguap ke udara dan bergerak bersama pergerakan angin. Pada lokasi-lokasi tertentu,

**Gambar 5.10** Diagram Daur Hidrologi

kelembaban tersebut akan terkumpul menjadi awan, dan apabila mencapai titik jenuh akan dipresipitasikan kembali sebagai hujan atau salju dan es.

Penyebab pergerakan ini adalah perbedaan suhu di muka bumi yang juga selalu berubah-ubah, mengikuti rotasi bumi yang menyebabkan siang dan malam, dan peredaran bumi mengitari matahari (evolusi). Allah berfirman,

وَاخْتِلَافِ الَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَمَآ اَنْزَلَ اللّٰهُ مِنَ السَّمَآءِ مِنْ رِّزْقٍ فَاَحْيَا بِهِ الْاَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَتَصْرِيْفِ الرِّيٰحِ اٰيٰتٌ لِّقَوْمٍ يَّعْقِلُوْنَ

*dan pada pergantian malam dan siang dan hujan yang diturunkan Allah dari langit lalu dengan (air hujan) itu dihidupkan-Nya bumi setelah mati (kering); dan pada perkisaran angin terdapat pula tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang mengerti.* (al-Jāṡiyah/45: 5)

Adapun yang dimaksud dengan tanda-tanda, tampaknya adalah tanda-tanda kekuasaan, keagungan dan kasih sayang Allah yang tiada batas. Pada proses pergantian siang dan malam, hujan yang diturunkan Allah dari langit, peredaran angin dan semua kehidupan yang dapat kita saksikan, hanya sedikit sekali manusia yang dapat mengontrol, atau bahkan mengetahui dan memahami semua ini. Padahal dengan mengetahui proses perjalanan dan berbagai fenomena alam ini, manusia dapat mengambil manfaat yang besar untuk kesejahteraan hidupnya dan mengurangi resiko sampai yang sekecil-kecilnya apabila terjadi bencana alam yang tidak dapat dihindari.

Sebagai *khalīfatullāh fil-arḍ*, manusia dapat belajar dari berbagai peristiwa alam, untuk kemudian mengatur kehidupan bersama. Dengan demikian, manusia dan makhluk hidup lainnya dapat mengambil segala manfaat yang telah tersedia. Itulah perlunya memahami agama dan perkembangan ilmu pengetahuan.

## Air di Angkasa (Atmosfer)

Allah berfirman,

اَللّٰهُ الَّذِيْ يُرْسِلُ الرِّيٰحَ فَتُثِيْرُ سَحَابًا فَيَبْسُطُهٗ فِى السَّمَآءِ كَيْفَ يَشَآءُ وَيَجْعَلُهٗ كِسَفًا فَتَرَى الْوَدْقَ يَخْرُجُ مِنْ خِلٰلِهٖۚ فَاِذَآ اَصَابَ بِهٖ مَنْ يَّشَآءُ مِنْ عِبَادِهٖٓ اِذَا هُمْ يَسْتَبْشِرُوْنَ

*Allah-lah yang mengirimkan angin, lalu angin itu menggerakkan awan dan Allah membentangkannya di langit menurut yang Dia kehendaki, dan menjadikannya bergumpal-gumpal, lalu engkau lihat hujan keluar dari celah-celahnya, maka apabila Dia menurunkannya kepada hamba-hamba-Nya yang Dia kehendaki tiba-tiba mereka bergembira. (ar-Rūm/30: 48)*

Proses pergerakan air di angkasa digambarkan pada ayat di atas. Proses pergerakan air di angkasa merupakan bagian penting dari daur hidrologi. Adanya pergerakan air di udara merupakan hasil dari adanya penguapan dan pergerakan angin. Dengan adanya pergerakan air di udara, maka daerah-daerah yang jauh dari laut, yang merupakan sumber utama dari kelembaban, mendapat kiriman air dalam bentuk uap air dan awan yang kemudian jatuh menjadi hujan.

Ayat 48 Surah ar-Rūm ini sesuai dengan teori pergerakan air di udara yang merupakan bagian dari proses Daur Air *(Hydrologic Cycle)*, serta dengan teori komposisi air. Air di udara didapati dalam

bentuk gas atau uap air. Apabila uap air ini terkumpul, maka akan terbentuk awan, dan pada konsentrasi tertentu akan berkondensasi menjadi butiran air yang kemudian jatuh sebagai air hujan. Seperti layaknya air hasil penyulingan, ketika uap air terkondensasi, butiran-butiran air yang terbentuk adalah air murni. Tetapi kemudian ke dalam butiran air tersebut terlarut senyawa-senyawa gas lainnya yang terdapat di udara, terutama yang terdapat dalam bentuk anion, seperti misalnya $CO_2$, $NO_2$, dan $SO_4$. Meski demikian, dibanding komposisi jenis-jenis air lainnya (air sungai, danau, air laut, dan lainnya), air hujan memiliki kemurnian yang paling tinggi. Bahan-bahan atau unsur kimia yang terlarut di dalam air hujan jauh lebih sedikit dari jenis air lainnya.

Dengan adanya gas-gas yang terlarut, maka umumnya air hujan bersifat asam. Pada udara yang tidak tercemar, keasaman alami air hujan umumnya berada pada kisaran nilai pH = 61 — 5,9. Dengan tingkat keasaman yang dimilikinya, air hujan kemudian melarutkan kation-kation batuan atau tanah sehingga terbentuk air yang netral (pH= 7) dengan kandungan garam-garam terlarut yang cukup dan seimbang untuk dimanfaatkan sebagai air minum. Keasaman air hujan ini akan bertambah apabila hujan jatuh di daerah yang udaranya telah terpolusi. Keasaman air hujan yang terlalu tinggi tidak akan melarutkan kation-kation batuan atau tanah, tetapi juga dapat menyebabkan korosi pada bahan-bahan (misalnya bangunan) buatan manusia. Komposisi bahan yang terlarut di dalam air hujan asam seperti ini juga tidak begitu baik apabila dipergunakan sebagai air minum.

## Air di Daratan

Allah berfirman,

وَاللّٰهُ اَنْزَلَ مِنَ السَّمَاۤءِ مَاۤءً فَاَحْيَا بِهِ الْاَرْضَ بَعْدَ
مَوْتِهَاۗ اِنَّ فِيْ ذٰلِكَ لَاٰيَةً لِّقَوْمٍ يَّسْمَعُوْنَ

*Dan Allah menurunkan air (hujan) dari langit dan dengan air itu dihidupkan-Nya bumi yang tadinya sudah mati. Sungguh, pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang-orang yang mendengarkan (pelajaran).*
(an-Naḥl/16: 65)

Secara umum, daratanlah tempat berdiam manusia. Sungai-sungai yang terjadi di daratan selalu terletak pada bagian terendah permukaan bumi, yang merupakan celah antara gunung-gunung dan dataran-dataran yang lebih tinggi. Kemudian laut-laut terpisah antara satu dengan lainnya oleh karena adanya daratan pemisah, seperti misalnya semenanjung, pulau-pulau, atau karena sebaran geografis benua-benua. Penyebaran dan bentuk daratan serta pulau-pulau di muka bumi ini umumnya dianggap terjadi dengan sendirinya, yang merupakan bagian atau akibat dari proses alam. Semua itu pada hakikatnya adalah atas kehendak dan kekuasaan Allah.

Allah berfirman,

وَمِنْ اٰيٰتِهٖٓ اَنَّكَ تَرَى الْاَرْضَ خَاشِعَةً فَاِذَآ اَنْزَلْنَا
عَلَيْهَا الْمَاۤءَ اهْتَزَّتْ وَرَبَتْۗ اِنَّ الَّذِيْٓ اَحْيَاهَا
لَمُحْيِ الْمَوْتٰىۗ اِنَّهٗ عَلٰى كُلِّ شَيْءٍ قَدِيْرٌ

*Dan sebagian dari tanda-tanda (kebesaran)-Nya, engkau melihat bumi itu kering dan tandus, tetapi apabila Kami turunkan hujan di atasnya, niscaya ia bergerak dan subur. Sesungguhnya (Allah) yang menghidupkannya pasti dapat menghidupkan yang mati; sesungguhnya Dia Mahakuasa atas segala sesuatu.* (Fuṣṣilat/41: 39)

Menghidupkan negeri yang mati dengan air (hujan) dari langit, demikian salah satu pesan yang terkandung dalam ayat di atas. Maksudnya, dengan menurunkan hujan di daerah yang tandus, maka daerah tersebut, atas kehendak Allah, dapat ditumbuhi pepohonan.

Kebangkitan manusia dari alam kubur juga sering disejajarkankan dengan menghidupkan tanah yang tandus dengan air hujan. Perumpamaan ini dapat kita bandingkan dengan tumbuhnya biji-bijian atau spora liar yang terbawa tiupan angin dan terserak di atas tanah yang kering. Apabila tanah yang kering itu mendapat siraman hujan dengan jumlah yang cukup, maka biji-bijian tersebut akan tumbuh menjadi kecambah-kecambah dan kemudian menjadi tumbuhan. "Kadar atau jumlah air yang sesuai dengan keperluan" ditekankan pada ayat ini, karena apabila curah hujan sangat banyak maka biji-bijian atau spora yang menjadi bakal benih tumbuh-tumbuhan akan hanyut terbawa aliran air. Kalaupun aliran air tidak sampai menghanyutkan, tetapi bila kadar kelembaban air dalam tanah terlalu berlebihan, maka biji-bijian tidak akan tumbuh menjadi kecambah, malahan membusuk. Bahkan, pada beberapa jenis tanaman dewasa, apabila akarnya terlalu lama terendam air, maka tanaman tersebut akan mati. Sungguh Allah adalah Maha Mengetahui dan Maha Kuasa atas segala sesuatu. Oleh karena itu, manusia perlu belajar dan memahami ketentuan Allah *(sunnatullāh)* melalui media pengembangan ilmu pengetahuan.

## C. Sumber Daya Bumi

### Peran Air

Tentang peran air di bumi, banyak ayat Al-Qur'an yang menjelaskannya, antara lain:

1. Surah al-Anbiyā'/21: 30

اَوَلَمْ يَرَ الَّذِيْنَ كَفَرُوْٓا اَنَّ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنٰهُمَاۗ وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاۤءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّۗ اَفَلَا يُؤْمِنُوْنَ

*Dan apakah orang-orang kafir tidak mengetahui bahwa langit dan bumi keduanya dahulunya menyatu, kemudian Kami pisahkan antara keduanya; dan Kami jadikan segala sesuatu yang hidup berasal dari air; maka mengapa mereka tidak beriman?*
(al-Anbiyā'/21: 30)

2. Surah Hūd/11: 7

وَهُوَ الَّذِيْ خَلَقَ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضَ فِيْ سِتَّةِ اَيَّامٍ وَّكَانَ عَرْشُهٗ عَلَى الْمَاۤءِ لِيَبْلُوَكُمْ اَيُّكُمْ اَحْسَنُ عَمَلًاۗ وَلَىِٕنْ قُلْتَ اِنَّكُمْ مَّبْعُوْثُوْنَ مِنْۢ بَعْدِ الْمَوْتِ لَيَقُوْلَنَّ الَّذِيْنَ كَفَرُوْٓا اِنْ هٰذَآ اِلَّا سِحْرٌ مُّبِيْنٌ

*Dan Dialah yang menciptakan langit dan bumi dalam enam masa, dan 'Arsy-Nya di atas air, agar Dia menguji siapakah di antara kamu yang lebih baik amalnya. Jika engkau berkata (kepada penduduk Mekah), "Sesungguhnya kamu akan dibangkitkan setelah mati," niscaya orang kafir itu akan berkata, "Ini hanyalah sihir yang nyata."* (Hūd/11: 7)

**Ratqan (al-Anbiyā'/21: 30)**

*Ratqan* adalah bentuk *masdar* dari kata kerja *rataqa yartuqu ratqan*, artinya menyatu atau bergabung. *Ratqan* dalam ayat ini menunjukkan bahwa langit dan bumi semula adalah menyatu padu, kemudian Allah memisahkan keduanya menjadi dua yang terpisah seperti sekarang. Tentang cara Allah memisahkan keduanya, beberapa ulama tafsir banyak berbeda pendapat. Sebagaian mengatakan bahwa pada awalnya langit dan bumi ini menyatu, kemudian Allah mengangkat langit ke atas dan membiarkan bumi seperti apa adanya. Sebagian berpendapat bahwa pemisahan langit dan bumi melalui penciptaan angin. Sebagian lagi berpendapat pemisahan langit dengan hujan dan bumi dengan tumbuh-tumbuhan. Sedangkan para ilmuwan modern mengatakan bahwa telah terjadi *big bang* yaitu dentuman besar dari *Singularity* sampai terpisahnya Gaya Gravitasi dari Gaya Tunggal *(Superforce)*, dan ruang-waktu mulai memisah. Pemisahan selanjutnya adalah terjadinya planet dan bintang-bintang.

3. Surah ar-Rūm/30: 24

*Dan di antara tanda-tanda (kebesaran)-Nya, Dia memperlihatkan kilat kepadamu untuk (menimbulkan) ketakutan dan harapan, dan Dia menurunkan air (hujan) dari langit, lalu dengan air itu dihidupkannya bumi setelah mati (kering). Sungguh, pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda bagi kaum yang mengerti.* (ar-Rūm/30: 24)

# TAFSIR

AYAT 30 SURAH AL-ANBIYĀ' menjelaskan bahwa orang-orang kafir dan musyrik Mekah sebelumnya tidak memperhatikan, dan bahkan tidak peduli dengan peristiwa-peristiwa alam yang terjadi. Padahal dari situ, dapat diperoleh bukti-bukti keberadaan Allah dan kekuasaan-Nya yang sangat luar biasa. Langit dan bumi yang semula merupakan suatu kesatuan yang padu, Allah pisahkan keduanya. Bumi sebelum menjadi tempat kehidupan manusia dan berbagai makhluk, adalah sebuah satelit (benda angkasa) yang mengitari matahari. (lihat Bab-II dan Buku-1).

Menurut para ilmuwan, ada tiga pandangan yang berhubungan dengan kehidupan yang dimulai dari adanya air, yaitu: *pertama*, kehidupan dimulai dari dalam air, dalam hal ini di laut; *kedua*, peran air bagi kehidupan dapat diekspresikan dalam bentuk semua makhluk hidup, terutama kelompok hewan, berasal dari cairan sperma; dan *ketiga*, unsur air merupakan bagian yang sangat penting bagi kehidupan makhluk. Pada kenyataannya, bagian tubuh makhluk hidup ini mengandung air. Bahkan, dua pertiga tubuh manusia adalah air. Secara tegas,

ayat ini menyebutkan, *dan Kami jadikan segala sesuatu yang hidup berasal dari air*. Sebuah pesan yang mengandung suatu prinsip ilmu pengetahuan bahwa semua makhluk hidup di alam ini, baik manusia, hewan, maupun tumbuhan, semuanya memerlukan air bagi kelangsungan hidupnya.

Ayat 7 Surah Hūd menjelaskan bahwa Allah lah yang menciptakan langit dan bumi dalam enam masa (enam periode), dan waktu itu ‘*Arsy* atau kekuasaan-Nya di atas air. Para ulama berpendapat bahwa Allah Maha Gaib, dan ‘*Arsy* atau singgasana kekuasaan-Nya pun gaib.

Allah menerangkan tentang penciptaan langit dan bumi dalam enam masa dan tentang adanya ‘*Arsy* di atas air; semua itu untuk menguji, siapakah yang paling baik amalnya. Dari sini, setidaknya bisa dipahami beberapa hal berikut: *pertama*, membuat sesuatu perlu proses dan memakan waktu. Makin besar barang yang dibuat, prosesnya makin tidak sederhana dan makin lama waktu diperlukan; *kedua*, air menjadi unsur pokok dalam kehidupan manusia dan semua makhluk; dan *ketiga*, manusia diuji, dapatkah menjaga ketersediaan air yang cukup pada lingkungan hidup mereka. Sebab, meski Allah telah menciptakan air yang cukup, tapi banyak manusia yang tidak dapat memelihara lingkungannya sehingga mereka pun kesulitan mendapatkan air.

Pada ayat lain, Allah juga menjelaskan bahwa Allah telah menyediakan semua yang ada di bumi ini untuk dimanfaatkan manusia.

هُوَ الَّذِيْ خَلَقَ لَكُمْ مَّا فِى الْاَرْضِ جَمِيْعًا ثُمَّ اسْتَوٰٓى اِلَى السَّمَاۤءِ فَسَوّٰىهُنَّ سَبْعَ سَمٰوٰتٍ ۗ وَهُوَ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيْمٌ

*Dialah (Allah) yang menciptakan segala apa yang ada di bumi untukmu kemudian Dia menuju ke langit, lalu Dia menyempurnakannya menjadi tujuh langit. Dan Dia Maha Mengetahui segala sesuatu.* (al-Baqarah/2: 29)

### *‘Arsyuhū ‘alal-mā'* (Hūd/11: 7)

*‘Arsyuhū ‘alal-mā'* artinya *‘Arsy*-Nya di atas air. Lafal ‘*Arsy* arti bahasanya singgasana, tetapi maksudnya ialah kekuasaan. Jadi *‘Arsyuhū ‘alal-mā'*, maksudnya kekuasaan Allah bertumpu pada air, atau kekuasaan Allah menjadikan materi air sebagai hal yang dominan. Allah menjadikan semua makhluk yang hidup memerlukan air (al-Anbiyā'/21: 30). Allah Maha Ghaib, *‘Arsy* atau singgasana Allah juga *ghaib*, tidak seperti singgasana raja atau kursi presiden. Oleh karena itu, *‘Arsyuhū* lebih tepat dikatakan kekuasaan Allah. Dan Allah telah menetapkan ketentuan-Nya dalam *sunnatullāh* bahwa segala makhluk hayati memerlukan materi air, baik dalam bentuk cair, gas (uap air), maupun padat (es).

### *Fayuḥyī bihil-arḍ* (ar-Rūm/30: 24)

*Fayuḥyī bihil-arḍ* artinya maka Dia menghidupkan bumi dengan air. Maksudnya, dengan air yang diturunkan melalui mekanisme hujan, Allah menghidupkan bumi ini. Ini tidak berarti kekuasaan Allah tergantung pada air. Sebab, air adalah ciptaan-Nya dan diturunkan dari langit karena kekuasaan-Nya pula. Semua ini menunjukkan suatu proses yang memberi pelajaran pada manusia, bahwa Allah menjadikan segala makhluk yang hidup ini dimulai dan juga selanjutnya selalu membutuhkan air. Tanpa air, makhluk yang hidup akan mati. Ini adalah sunnatullāh yang berlaku pada seluruh alam sehingga sering disebut hukum alam.

Allah menciptakan langit dan bumi sebagai ujian bagi manusia, siapakah di antara manusia yang paling kuat imannya, paling baik amalnya, siapa yang paling berjasa untuk kemanusiaan, siapa yang paling tinggi ketrampilannya, yang paling tinggi hasil produksinya, siapa yang paling jujur dan ikhlas dalam usahanya, dan sebagainya. Tentu saja Allah tidak hanya menguji, tetapi juga memperhatikan hasil ujiannya, dan memberikan pahala yang seimbang dengan jasa dan amal perbuatan manusia.

Ayat 24 Surah ar-Rūm menerangkan tanda-tanda kekuasaan dan kebesaran Allah pada peristiwa alam yang lain, yaitu adanya kilat, petir dan halilintar, dalam kehidupan manusia. Fenomena alam ini dapat disaksikan oleh panca indera dan dapat pula diterangkan secara ilmiah. Kilat timbul dari bunga api listrik yang terjadi saat berdekatannya unsur positif pada listrik yang ada pada sekelompok awan, dengan unsur negatif pada listrik di kelompok awan yang lain. Lompatan listrik dari satu kelompok awan ke kelompok awan yang lain itulah yang kita lihat sebagai kilat bercahaya yang sangat tajam, dan kekosongan udara akibat lompatan listrik itu yang menimbulkan petir yang keras sekali.

Kilat, petir, dan halilintar ini biasanya menimbulkan rasa takut pada sebagian orang, terutama anak-anak kecil atau orang-orang yang dalam perjalanan. Mungkin juga menimbulkan rasa khawatir pada para pedagang yang ingin jualannya banyak laku, tetapi karena akan datangnya hujan menjadi kurang laku. Pada sisi lain, adanya kilat dan petir yang menjadi penanda akan datangnya hujan bahkan menimbulkan harapan yang menggembirakan bagi para petani yang tanamannya memang membutuhkan air hujan. Juga bagi penduduk yang sumurnya sudah kering, serta sungai-sungai dan bendungan (dam) yang airnya sudah sangat berkurang.

Air hujan yang turun dari langit pasti menggembirakan banyak penduduk yang selalu membutuhkan air, baik untuk minum, mencuci pakaian dan perkakas rumah tangga, menyiram tumbuhan, sayuran dan buah-buahan, rumput, ladang peternakan hewan, dan lain-lain. Karena itulah, ditegaskan bahwa dengan air, Allah menghidupkan bumi yang tadinya mati. Maksudnya, Allah menjadikan bumi yang sebelum ada air tandus dan gersang, menjadi subur. Hal-hal ini seharusnya dapat diperhatikan dan menjadi petunjuk bagi orang-orang yang mau menggunakan akal dan pikiran.

**Air di Daratan**

Allah berfirman,

وَاللّٰهُ اَنْزَلَ مِنَ السَّمَاۤءِ مَاۤءً فَاَحْيَا بِهِ الْاَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا ۗاِنَّ فِيْ ذٰلِكَ لَاٰيَةً لِّقَوْمٍ يَّسْمَعُوْنَ

*Dan Allah menurunkan air (hujan) dari langit dan dengan air itu dihidupkan-Nya bumi yang tadinya sudah mati. Sungguh, pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang-orang yang mendengarkan (pelajaran).*
(an-Naḥl/16: 65)

Bumi pada ayat ini dapat dipahami sebagai daratan. Sebab secara umum, daratanlah tempat berdiam manusia. Sungai-sungai di daratan selalu terletak pada bagian terendah permukaan bumi, yang merupakan celah antara gunung-gunung dan dataran-dataran yang lebih

tinggi. Lautan terpisah antara satu dengan lainnya oleh karena adanya daratan pemisah, seperti misalnya semenanjung dan pulau-pulau, atau karena sebaran geografis benua-benua. Penyebaran dan bentuk daratan serta pulau-pulau di muka bumi ini umumnya dianggap terjadi dengan sendirinya. Semuanya merupakan bagian atau akibat dari proses geologi, dan pada hakekatnya terjadi atas kehendak dan kekuasaan Allah.

Setelah jatuh ke bumi, air hujan akan terbagi menjadi tiga bagian: *pertama*, menguap kembali karena pemanasan; *kedua*, mengalir di permukaan dalam bentuk air sungai atau menggenang di danau-danau, kolam, sawah, atau cekungan-cekungan tanah; dan *ketiga*, meresap ke dalam tanah.

Penguapan air *(evaporasi)* sesungguhnya terjadi terus-menerus, baik menguap secara langsung dari permukaan tanah maupun dari lapisan bawah permukaan tanah melalui perantaraan hisapan akar tumbuhan untuk kemudian dilepaskan (transpirasi) melalui daunnya. Proses penguapan ini memiliki peran sangat penting. Dengannya, suhu permukaan bumi dan udara di atasnya menjadi stabil. Apabila kandungan air di permukaan tanah habis, penguapan air dari tanah tidak terjadi lagi. Akibatnya, panas yang berasal dari sinar matahari akan menaikkan suhu tanah dan udara di atasnya. Apabila keadaan ini terus berlanjut, butiran-butiran tanah dan batuan akan pecah menjadi butiran-butiran yang lebih kecil, seperti yang biasa di jumpai di gurun-gurun pasir.

Dengan adanya gaya gravitasi, air di permukaan tanah selalu bergerak menuju tempat yang lebih rendah dalam bentuk air limpasan yang kemudian mengaliri saluran-saluran, parit-parit, dan sungai-sungai. Pada tempat-tempat yang dilaluinya, aliran air akan mengangkut segala yang dapat diseretnya. Dengan demikian, air limpasan yang dihasilkan hujan pada dasarnya melakukan pencucian terhadap tempat-tempat yang dilaluinya. Meski pengangkutan kotoran terjadi selama pengaliran, sampai dengan batas-batas tertentu, aliran air tersebut tidak akan jenuh dengan kotoran, dan akan terus mempunyai kemampuan untuk mencuci dan membersihkan. Sebab, air yang mengalir memiliki daya pulih membersihkan dirinya *(self purification)* sendiri dari kotoran yang terlarut di dalamnya. Pencemar yang masuk ke dalam perairan, dalam batas-batas tertentu, pada suatu saat akan menghilang secara alami sehingga aliran air akan bersih (pulih) seperti sediakala. Tetapi apabila jumlah yang masuk melebihi batas kemampuan alami untuk dibersihkan, maka pencemar akan terakumulasi dan bisa mencemari air tanah.

Daya Pulih Kembali Sungai adalah proses-proses alami yang memelihara/mengembalikan aliran sungai pada kondisi segar (bersih), meski terdapat pencemar yang memasukinya. Proses-proses ini berkaitan dengan proses-proses kimia, fisika, dan biologis yang terjadi pada suatu aliran air. Mekanisme utama yang menyebabkan proses pembersihan pada aliran ini adalah reaksi oksidasi yang terjadi antara oksigen yang terlarut di dalam air dengan senyawa terlarut lainnya yang menyebabkan terjadinya proses penguraian zat-zat pencemar secara kimia. Pada air yang mengalir, pasokan oksigen ke dalam air tidak pernah terhenti karena

adanya riak, percikan, terjunan air, yang menyebabkan oksigen di dalam udara tercampur ke dalam air. Selama pasokan oksigen tidak terhenti, maka penguraian zat-zat terlarut akan berlangsung terus-menerus, dengan dipercepat oleh aktivitas biota dan jasad renik air. Hasil akhir proses-proses penguraian ini, sebagian besar akan berupa gas, dan sebagian besar lainnya yang memiliki berat jenis tinggi umumnya membentuk padatan. Gas, sebagai bagian yang ringan dari hasil proses penguraian tersebut, akan mengapung di atas permukaan dan akan membentuk buih-buih dalam air, kemudian menguap. Sedangkan bagian hasil proses penguraian yang berat akan tenggelam dan mengendap. Dengan demikian aliran air semakin lama akan semakin bersih, walaupun tidak akan menjadi air murni tanpa zat terlarut.

Untuk mengukur daya Pulih Kembali suatu aliran sungai, biasa dipakai indikator tingkat kebersihan yang meliputi: Kemasaman (pH), Oksigen Terlarut (DO = *Dissolved Oxygen*), Kebutuhan Oksigen Biologis (BOD = *Biologic Oxygen Demand*), dan Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD = *Chemical Oxygen Demand*).

Adanya mekanisme dalam aliran air, diisyaratkan dalam Al-Qur'an (ar-Ra‘d/13: 17) dan Allah tampaknya memakai mekanisme ini sebagai perumpamaan agar orang pandai menjaga sesuatu yang bermanfaat (hak) yang diibaratkan sebagai air bersih dan logam dan melepaskan segala hal yang tidak bermanfaat (batil) yang diibaratkan dengan buih, baik yang terdapat pada aliran air maupun pada logam yang dilebur.

Allah berfirman,

اَنْزَلَ مِنَ السَّمَاۤءِ مَاۤءً فَسَالَتْ اَوْدِيَةٌ ۢ بِقَدَرِهَا فَاحْتَمَلَ السَّيْلُ زَبَدًا رَّابِيًا ۗ وَمِمَّا يُوْقِدُوْنَ عَلَيْهِ فِى النَّارِ ابْتِغَاۤءَ حِلْيَةٍ اَوْ مَتَاعٍ زَبَدٌ مِّثْلُهٗ ۗ كَذٰلِكَ يَضْرِبُ اللّٰهُ الْحَقَّ وَالْبَاطِلَ ەۗ فَاَمَّا الزَّبَدُ فَيَذْهَبُ جُفَاۤءً ۚ وَاَمَّا مَا يَنْفَعُ النَّاسَ فَيَمْكُثُ فِى الْاَرْضِ ۗ كَذٰلِكَ يَضْرِبُ اللّٰهُ الْاَمْثَالَ

*Allah telah menurunkan air (hujan) dari langit, maka mengalirlah ia (air) di lembah-lembah menurut ukurannya, maka arus itu membawa buih yang mengambang. Dan dari apa (logam) yang mereka lebur dalam api untuk membuat perhiasan atau alat-alat, ada (pula) buihnya seperti (buih arus) itu. Demikianlah Allah membuat perumpamaan tentang yang benar dan yang batil. Adapun buih, akan hilang sebagai sesuatu yang tidak ada gunanya; tetapi yang bermanfaat bagi manusia, akan tetap ada di bumi. Demikianlah Allah membuat perumpamaan.* (ar-Ra‘d/13: 17)

Secara fisik, aliran air juga mengakibatkan pengikisan tanah dan batuan pada tempat-tempat yang dilaluinya. Proses pengikisan ini dikenal dengan istilah erosi. Hasil **erosi** yang mengangkut endapan air ini pada suatu saat akan diendapkan di tempat ketika kecepatan arus melemah atau terhenti. Proses pengendapan ini biasa disebut **proses sedimentasi**. Proses **erosi** dan **sedimentasi** yang berjalan terus-menerus sepanjang sejarah bumi telah membentuk rupa permukaan bumi yang sekarang ini.

Tegaknya gunung berikut lembah-lembah dan tebing-tebing curamnya, di antaranya terjadi karena torehan aliran sungai. Demikian pula lembah-lembah, terjadi karena proses pengikisan dataran secara terus-menerus oleh aliran sungai. Karena itu, besar dan dalamnya suatu lembah yang terbentuk ditentukan oleh besarnya luap (volume) air yang melaluinya serta umur (waktu) lembah itu dilalui sungai.

Sedang dataran yang rata, terjadi karena proses sedimentasi. Semua pengaruh iklim dan pergerakan air yang menyebabkan terjadinya dinamika di permukaan bumi, dalam ilmu geologi di kelompokkan sebagai **energi eksogen**. Di dalam Al-Qur'an, bekerjanya gaya **eksogen** di atas permukaan bumi dinyatakan dalam beberapa ayat, di antaranya:

1. Surah ar-Ra‘d/13: 3

وَهُوَ الَّذِيْ مَدَّ الْاَرْضَ وَجَعَلَ فِيْهَا رَوَاسِيَ وَاَنْهٰرًا ۗ
وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرٰتِ جَعَلَ فِيْهَا زَوْجَيْنِ اثْنَيْنِ يُغْشِى الَّيْلَ
النَّهَارَ ۗ اِنَّ فِيْ ذٰلِكَ لَاٰيٰتٍ لِّقَوْمٍ يَّتَفَكَّرُوْنَ

*Dan Dia yang menghamparkan bumi dan menjadikan gunung-gunung dan sungai-sungai di atasnya. Dan padanya Dia menjadikan semua buah-buahan berpasang-pasangan; Dia menutupkan malam kepada siang. Sungguh, pada yang demikian itu terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang-orang yang berpikir.* (ar-Ra‘d/13: 3)

3. Surah an-Naml/27: 61

اَمَّنْ جَعَلَ الْاَرْضَ قَرَارًا وَّجَعَلَ خِلٰلَهَآ اَنْهٰرًا
وَّجَعَلَ لَهَا رَوَاسِيَ وَجَعَلَ بَيْنَ الْبَحْرَيْنِ
حَاجِزًا ۗ ءَاِلٰهٌ مَّعَ اللّٰهِ ۗ بَلْ اَكْثَرُهُمْ لَا يَعْلَمُوْنَ

*Bukankah Dia (Allah) yang telah menjadikan bumi sebagai tempat berdiam, yang menjadikan sungai-sungai di celah-celahnya, yang menjadikan gunung-gunung untuk (mengokohkan)nya dan yang menjadikan suatu pemisah antara dua laut? Apakah di samping Allah ada tuhan (yang lain)? Sebenarnya kebanyakan mereka tidak mengetahui.* (an-Naml/27: 61)

Peran air di daratan yang paling jelas dinyatakan dalam Al-Qur'an adalah sebagai penyebab adanya kehidupan, baik tumbuhan, hewan, maupun manusia. Seperti kita ketahui, kebanyakan tumbuhan, hidup dari air yang telah diserap oleh tanah. Bahkan, banyak juga tumbuhan air yang hidup langsung pada genangan air sebagai medianya. Beberapa ayat tentang air dengan perannya sebagai zat yang vital untuk kehidupan, khusunya untuk tumbuhan dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Surah an-Naḥl/16: 10

هُوَ الَّذِيْٓ اَنْزَلَ مِنَ السَّمَاۤءِ مَاۤءً لَّكُمْ مِّنْهُ
شَرَابٌ وَّمِنْهُ شَجَرٌ فِيْهِ تُسِيْمُوْنَ

*Dialah yang telah menurunkan air (hujan) dari langit untuk kamu, sebagiannya menjadi minuman dan sebagiannya (menyuburkan) tumbuhan, padanya kamu menggembalakan ternakmu.* (an-Naḥl/16: 10)

2. Surah Yūnus/10: 24

اِنَّمَا مَثَلُ الْحَيٰوةِ الدُّنْيَا كَمَاۤءٍ اَنْزَلْنٰهُ مِنَ السَّمَاۤءِ
فَاخْتَلَطَ بِهٖ نَبَاتُ الْاَرْضِ مِمَّا يَأْكُلُ النَّاسُ
وَالْاَنْعَامُ ۗ حَتّٰٓى اِذَآ اَخَذَتِ الْاَرْضُ زُخْرُفَهَا
وَازَّيَّنَتْ وَظَنَّ اَهْلُهَآ اَنَّهُمْ قٰدِرُوْنَ عَلَيْهَآ
اَتٰىهَآ اَمْرُنَا لَيْلًا اَوْ نَهَارًا فَجَعَلْنٰهَا حَصِيْدًا
كَاَنْ لَّمْ تَغْنَ بِالْاَمْسِ ۗ كَذٰلِكَ نُفَصِّلُ الْاٰيٰتِ
لِقَوْمٍ يَّتَفَكَّرُوْنَ

*Sesungguhnya perumpamaan kehidupan duniawi itu, hanya seperti air (hujan) yang Kami turunkan dari langit, lalu tumbuhlah tanaman-tanaman bumi dengan subur (karena air itu), di antaranya ada yang dimakan manusia dan hewan ternak. Hingga apabila bumi itu telah sempurna keindahannya, dan*

*berhias, dan pemiliknya mengira bahwa mereka pasti menguasainya (memetik hasilnya), datanglah kepadanya azab Kami pada waktu malam atau siang, lalu Kami jadikan (tanaman)nya seperti tanaman yang sudah disabit, seakan-akan belum pernah tumbuh kemarin. Demikianlah Kami menjelaskan tanda-tanda (kekuasaan Kami) kepada orang yang berpikir.* (Yūnus/10: 24)

3. Surah an-Naml/27: 60

أَمَّنْ خَلَقَ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضَ وَاَنْزَلَ لَكُمْ
مِّنَ السَّمَاۤءِ مَاۤءً فَاَنْۢبَتْنَا بِهٖ حَدَاۤىِٕقَ ذَاتَ
بَهْجَةٍ ۚ مَا كَانَ لَكُمْ اَنْ تُنْۢبِتُوْا شَجَرَهَا ۗ
ءَاِلٰهٌ مَّعَ اللّٰهِ ۗ بَلْ هُمْ قَوْمٌ يَّعْدِلُوْنَ

*Bukankah Dia (Allah) yang menciptakan langit dan bumi dan yang menurunkan air dari langit untukmu, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu kebun-kebun yang berpemandangan indah? Kamu tidak akan mampu menumbuhkan pohon-pohonnya. Apakah di samping Allah ada tuhan (yang lain)? Sebenarnya mereka adalah orang-orang yang menyimpang (dari kebenaran).* (an-Naml/27: 60)

4. Surah az-Zumar/39: 21

اَلَمْ تَرَ اَنَّ اللّٰهَ اَنْزَلَ مِنَ السَّمَاۤءِ مَاۤءً فَسَلَكَهٗ
يَنَابِيْعَ فِى الْاَرْضِ ثُمَّ يُخْرِجُ بِهٖ زَرْعًا مُّخْتَلِفًا
اَلْوَانُهٗ ثُمَّ يَهِيْجُ فَتَرٰىهُ مُصْفَرًّا ثُمَّ يَجْعَلُهٗ
حُطَامًا ۗ اِنَّ فِيْ ذٰلِكَ لَذِكْرٰى لِاُولِى الْاَلْبَابِ

*Apakah engkau tidak memperhatikan, bahwa Allah menurunkan air dari langit, lalu diaturnya menjadi sumber-sumber air di bumi, kemudian dengan air itu ditumbuhkan-Nya tanam-tanaman yang bermacam-macam warnanya, kemudian menjadi kering, lalu engkau melihatnya kekuning-kuningan, kemudian dijadikan-Nya hancur berderai-derai. Sungguh, pada yang demikian itu terdapat pelajaran bagi orang-orang yang mempunyai akal sehat.*
(az-Zumar/39: 21)

5. Surah Fāṭir/35: 27

اَلَمْ تَرَ اَنَّ اللّٰهَ اَنْزَلَ مِنَ السَّمَاۤءِ مَاۤءً ۚ فَاَخْرَجْنَا بِهٖ
ثَمَرٰتٍ مُّخْتَلِفًا اَلْوَانُهَا ۗ وَمِنَ الْجِبَالِ جُدَدٌ ۢبِيْضٌ
وَّحُمْرٌ مُّخْتَلِفٌ اَلْوَانُهَا وَغَرَابِيْبُ سُوْدٌ

*Tidakkah engkau melihat bahwa Allah menurunkan air dari langit lalu dengan air itu Kami hasilkan buah-buahan yang beraneka macam jenisnya. Dan di antara gunung-gunung itu ada garis-garis putih dan merah yang beraneka macam warnanya dan ada (pula) yang hitam pekat.* (Fāṭir/35: 27)

6. Surah Fuṣṣilat/41: 39

وَمِنْ اٰيٰتِهٖٓ اَنَّكَ تَرَى الْاَرْضَ خَاشِعَةً فَاِذَآ اَنْزَلْنَا
عَلَيْهَا الْمَاۤءَ اهْتَزَّتْ وَرَبَتْ ۗ اِنَّ الَّذِيْٓ اَحْيَاهَا
لَمُحْيِ الْمَوْتٰى ۗ اِنَّهٗ عَلٰى كُلِّ شَيْءٍ قَدِيْرٌ

*Dan sebagian dari tanda-tanda (kebesaran)-Nya, engkau melihat bumi itu kering dan tandus, tetapi apabila Kami turunkan hujan di atasnya, niscaya ia bergerak dan subur. Sesungguhnya (Allah) yang menghidupkannya pasti dapat menghidupkan yang mati; sesungguhnya Dia Mahakuasa atas segala sesuatu.* (Fuṣṣilat/41: 39)

Dengan hujan, atas izin dan kehendak Allah, daerah yang tandus dapat ditumbuhi pepohonan. Demikianlah makna menghidupkan negeri yang mati dengan air hujan dari langit. Kebangkitan manusia dari alam kubur sering diumpamakan dengan menghidupkan tanah yang tandus dengan air hujan. Perumpamaan ini dapat kita bandingkan dengan tumbuhnya pepohonan dari biji-bijian atau spora liar yang terbawa tiupan angin dan terserak di atas tanah yang kering. Apabila tanah yang kering mendapat siraman hujan dengan

jumlah yang cukup, biji-bijian tersebut akan tumbuh menjadi kecambah-kecambah dan kemudian menjadi tumbuhan. “Kadar atau jumlah air yang sesuai dengan keperluan” ditekankan pada ayat ini. Sebab apabila curah hujan sangat banyak, maka biji-bijian atau spora yang menjadi bakal benih tumbuh-tumbuhan akan hanyut terbawa aliran air. Kalaupun aliran air tidak sampai menghanyutkan, namun bila kadar kelembaban air dalam tanah terlalu berlebihan, maka biji-bijian tidak akan tumbuh menjadi kecambah, malahan akan membusuk. Bahkan pada beberapa jenis tanaman dewasa, apabila akarnya terlalu lama terendam air, maka tanaman tersebut akan mati. Sungguh Allah adalah Maha Mengetahui dan Maha Bijaksana atas segala sesuatu.

Sebagian dari yang meresap ke dalam tanah akan tetap tertahan di dalam tanah sebagai penjaga kelembaban tanah atau mengalir ke dalam lapisan batuan yang lebih dalam dan tersimpan sebagai air tanah dalam.

وَاَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاۤءِ مَاۤءًۢ بِقَدَرٍ فَاَسْكَنّٰهُ فِى الْاَرْضِ ۖ وَاِنَّا عَلٰى ذَهَابٍۢ بِهٖ لَقٰدِرُوْنَ

*Dan Kami turunkan air dari langit dengan suatu ukuran; lalu Kami jadikan air itu menetap di bumi, dan pasti Kami berkuasa melenyapkannya.* (al-Mu'minūn/23: 18)

Di daerah hilir yang lebih rendah, air tanah dalam ini akan keluar kembali sebagai mata-mata air, di hulu-hulu sungai, pada tebing-tebing yang tertoreh. Bahkan, apabila air tanah ini mendapat tekanan yang cukup kuat, mata air dapat menyembur ke atas sebagai mata air artesis. Allah berfirman,

وَفَجَّرْنَا الْاَرْضَ عُيُوْنًا فَالْتَقَى الْمَاۤءُ عَلٰٓى اَمْرٍ قَدْ قُدِرَ

*dan Kami jadikan bumi menyemburkan mata-mata air maka bertemulah (air-air) itu sehingga (meluap menimbulkan) keadaan (bencana) yang telah ditetapkan.* (al-Qamar/54: 12)

## Energi

Untuk melaksanakan berbagai kegiatan dalam kehidupannya, manusia juga memerlukan energi dari luar, di samping energi dari dalam dirinya yang diperoleh melalui makanan. Bentuk energi luar yang paling primitif adalah dipergunakannya tenaga hewan untuk sarana transportasi dan mengolah tanah pertanian. Setelah itu, banyak dipergunakan tenaga angin dan air, misalnya untuk penggerak kapal layar dan mesin-mesin pertanian. Penggunaan energi hewan, air, dan angin ini berlangsung selama berabad-abad  dan sampai saat ini menempati masa terpanjang di dalam sejarah peradaban manusia.

Pola pemanfaatan energi ini berubah drastis  setelah ditemukannya energi fosil. Penemuan ini mendorong ditemukannya mesin uap yang menggunakan batubara sebagai sumber energi penggerak dan melahirkan revousi industri yang dimulai di Inggris pada awal abad ke-19. Tidak lama setelah itu, menyusul periode penggunaan energi minyak bumi yang menimbulkan perubahan yang sangat drastis dalam moda transportasi dengan meluasnya penggunaan motor bakar sebagai mesin penggerak kendaraan, baik di darat, laut, maupun udara. Kemudian pada abad 20, berkembang lagi teknologi baru yang memanfaatkan energi nuklir.

Batubara adalah batuan sedimen yang terjadi dari akumulasi sisa atau bangkai tumbuhan yang mati, melapuk, dan mengalami pemadatan atau kompaksi. Menurut teori yang paling banyak dianut para ahli, proses akumulasi sisa tumbuhan ini terjadi pada lingkungan yang tergenang oleh air tawar, misalnya hutan rawa. Akumulasi sisa tumbuhan ini kemudian mengalami tekanan dan pemanasan, misalnya oleh penimbunan yang dalam, atau oleh tekanan-tekanan yang dihasilkan gaya tektonik maupun pemanasan oleh aktivitas gunung berapi dalam waktu yang relatif lama, sehingga menghasilkan material seperti yang kini kita kenal sebagai batubara.

Minyak bumi dijumpai dalam bentuk cairan yang mengisi ruang kesarangan pada batuan pembawanya. Sebagian dari minyak bumi ini dijumpai pula dalam bentuk gas yang dikenal dengan nama gas bumi. Mengenai asal usul minyak bumi ini, belum ada kesepakatan yang bulat di antara para ahli. Sebagian besar berpendapat, minyak bumi berasal dari akumulasi bangkai tumbuhan atau hewan laut, utamanya hewan renik atau plankton, yang mengendap dan kemudian terkubur batuan sedimen. Seperti halnya batubara, bahan ini kemudian mengalami tekanan dan pemanasan dalam waktu yang sangat lama.

Sementara sebagian ahli lainnya, umumnya para ahli dari Rusia, berpendapat lain. Mereka berpendapat bahwa kejadian minyak bumi berasal dari gas metan yang terperangkap di dalam bumi pada masa pembentukan tata surya. Di antara mantel dan kulit bumi, yang terletak pada kedalaman antara 7 sampai 30 km, terbentuk kantung-kantung gas metan yang bersuhu sangat tinggi, yang menyebabkan kondensasi gas hidrokarbon yang lebih berat yang kemudian membentuk minyak mentah. Pada lapisan-lapisan bumi yang lebih dingan dan stabil, minyak mentah ini terkumpul pada cebakan-cebakan yang kemudian kita kenal sekarang sebagai reservoir atau cebakan minyak dan gas bumi.

Teknologi nuklir kini semakin banyak digunakan karena dapat menghasilkan energi yang sangat besar dengan penggunaan bahan baku yang sangat sedikit. Satu kilogram uranium, bahan bakar reaktor, dapat menghasilkan energi sebesar 8 X 1013 joule atau setara dengan 3000 ton batubara dengan asumsi reaksi terjadi secara sempurna. Tetapi di lain pihak, pemanfaatan tenaga nuklir membutuhkan penguasaan berbagai teknologi maju lainnya yang menunjang kelangsungan dan keamanan kinerja reaktor. Sebab, energi yang besar, beserta radioaktivitasnya, dapat merusak apabila tidak terkendali.

Uranium merupakan unsur dengan berat atom kedua terberat setelah Plutonium. Di alam, uranium dijumpai memiliki berat atom yang berbeda, U238 (99,3 %), U235 (0,71 %), dan U234 (0,006 %). Reaksi nuklir buatan biasa dilakukan dengan bombardemen netron terhadap atom U235. Uranium yang dibombardir akan menghasilkan panas dan melepaskan netronnya. Netron yang dilepaskan akan membombardir atom lainnya sehingga terjadi reaksi berantai berupa ledakan yang menghasilkan panas yang sangat tinggi. Panas inilah yang kemudian dimanfaatkan sebagai pembangkit energi atau senjata.

Uranium secara alami bisa terdapat pada berbagai jenis batuan, tanah, dan air dengan konsentrasi rendah. Konsentrasi rata-rata pada kulit bumi adalah dua sampai empat bagian per sejuta (ppm), atau kira-

kira 40 kali lebih berlimpah daripada perak. Air laut diperkirakan mengandung 3 ppm uranium. Cebakan uranium biasanya berasal dari granit radioaktif, di mana beberapa mineral seperti monazite telah tercuci selama aktivitas hidrotermal atau karena sirkulasi air tanah. Uranium larut ke dalam air pada kondisi asam dan akan terendapkan apabila keasaman ternetralkan. Umumnya proses tersebut terjadi pada beberapa sedimen yang kaya akan unsur karbon. Keberadaan Uranium juga umum dijumpai berasosiasi dengan batubara.

Salah satu sumber energi lainnya yang tersedia di dalam perut bumi yang juga bersifat terbarukan adalah energi geotermal atau panas bumi. Secara umum suhu bumi meningkat dengan kedalaman. Pada tempat-tempat tertentu, terutama di daerah gunung, peningkatan suhu ini demikian cepat sehingga dalam beberapa ratus meter kedalaman akan didapat perbedaan suhu hingga beberapa ratus derajat Celcius. Dengan adanya sirkulasi air pada daerah seperti ini, akan terdapat tekanan uap panas pada kedalaman batuan tertentu yang apabila batuan ini dibor akan menghasilkan semburan uap dengan tekanan tinggi. Tekanan uap ini dapat dimanfaatkan untuk memutarkan turbin yang dapat menghasilkan tenaga listrik. Indonesia termasuk daerah yang memiliki potensi penggunaan panas bumi tinggi dan baru sebagian dari potensi itu yang dipergunakan.

Di samping itu, di permukaan bumi pun masih terdapat banyak sumber energi yang belum termanfaatkan, di antaranya yang bersifat terbarukan dan sampai saat ini belum banyak dimanfaatkan, seperti: energi panas dari sinar matahari, energi pasang surut air laut, salinitas air laut, gelombang, dan gas hidrogen. Di kemudian hari, semua itu dapat dijadikan sebagai sumber energi alternatif.

## Mineral

Mineral adalah bahan yang terdapat di bumi yang ketersediaannya tidak harus melibatkan proses kehidupan (nonhayati atau nonorganik). Mineral diperlukan manusia sebagai bahan pembuat sebagian besar barang-barang yang dipergukanan dalam kehidupan manusia. Penggunakan bahan mineral paling primitif yang dikenal peradaban manusia adalah penggunaan bongkah batuan untuk senjata, perkakas, atau bahan bangunan. Periode penggunaan bongkah batuan untuk memenuhi keperluan manusia dikenal dengan zaman batu. Periode selanjutnya adalah penggunaan barang-barang tembikar yang dibuat dari lumpur tanah liat yang dibentuk dan kemudian dibakar. Teknologi tembikar ini masih dipakai hingga saat ini yang berkembang menjadi teknologi keramik.

Penggunaan logam merupakan budaya yang sudah lama pula dikenal umat manusia, di mana selain dimanfaatkan sebagai bahan perkakas, dipakai juga sebagai bahan pembuat perhiasan dan mata uang. Sepanjang sejarah peradaban manusia, pemanfaatan mineral, baik logam maupun nonlogam, berkembang dari pemanfaatan sifat fisika yang sederhana seperti kekerasan, berat jenis atau sifat mengapung dalam air, plastisitas atau mudah dibentuk, menuju pemanfaatan sifat-sifat fisika yang lebih kompleks seperti sifat optik, ketahanan akan perubahan suhu dan tekanan, sifat kelistrikan, dan lainnya.

Pada dasarnya bumi tersusun dari bahan mineral. Oleh karena itu, mineral tersedia berlimpah di bumi. Tetapi ketersediaan jenis-jenis mineral yang sesuai dengan kebutuhan manusia tersebar secara acak. Untuk mendapatkan bahan yang diinginkan, manusia harus mengetahui di mana bahan itu terdapat dengan cara mengetahui asal usul kejadian dan keterdapatannya. Jenis mineral tertentu tersusun hanya oleh satu unsur kimia tertentu, misalnya emas dan intan, akan tetapi kebanyakan tersusun oleh susunan yang terdiri dari lebih satu unsur kimia.

Bahan-bahan hasil lapukan batuan seperti pasir dan liat mudah ditemukan di permukaan bumi sebagai hasil pelapukan batuan ataupun proses-proses erosi sedimentasi. Meski demikian, penyebaran jenis-jenis tertentu yang lebih spesifik, keberadaannya dipengaruhi oleh proses-proses spesifik pula yang sangat dipengaruhi oleh iklim dan sebaran bahan induknya.

Keterdapatan bahan-bahan logam pada umumnya tidak segera tampak di permukaan bumi. Proses pembentukan depositnya juga sangat spesifik, terkait serangkaian proses yang melibatkan tenaga dari dalam bumi, seperti proses tektonik dan vulkanisme maupun proses pelapukan batuan. Awal kejadian terbentuknya endapan suatu bijih logam sangat ditentukan oleh adanya sumber, pengangkutan, dan perangkap.

Sumber sangat penting, karena logam harus berasal dari suatu tempat dan dibebaskan melalui proses tertentu. Proses pengangkutan terjadi untuk memindahkan metal, baik dalam bentuk padatan maupun cairan, ke posisi yang seharusnya melalui proses-proses fisika maupun kimia. Perangkap diperlukan sehingga logam dimaksud terkonsentrasi di suatu tempat.

Endapan biji yang besar akan terbentuk apabila sumbernya kaya, mekanisme transportnya efisien, dan perangkapnya aktif pada situasi dan waktu yang tepat. Evans (1993) membagi proses kejadian cebakan bijih berdasarkan proses fisika yang mempengaruhinya yang meliputi proses internal ketika batuan masih dalam bentuk magma, proses hidrotermal yang menyangkut pergerakan air dalam batuan yang bersuhu tinggi, proses malihan batuan yang melibatkan tekanan dan temperatur tinggi pada batuan, dan proses yang terjadi di permukaan, seperti proses pelapukan.

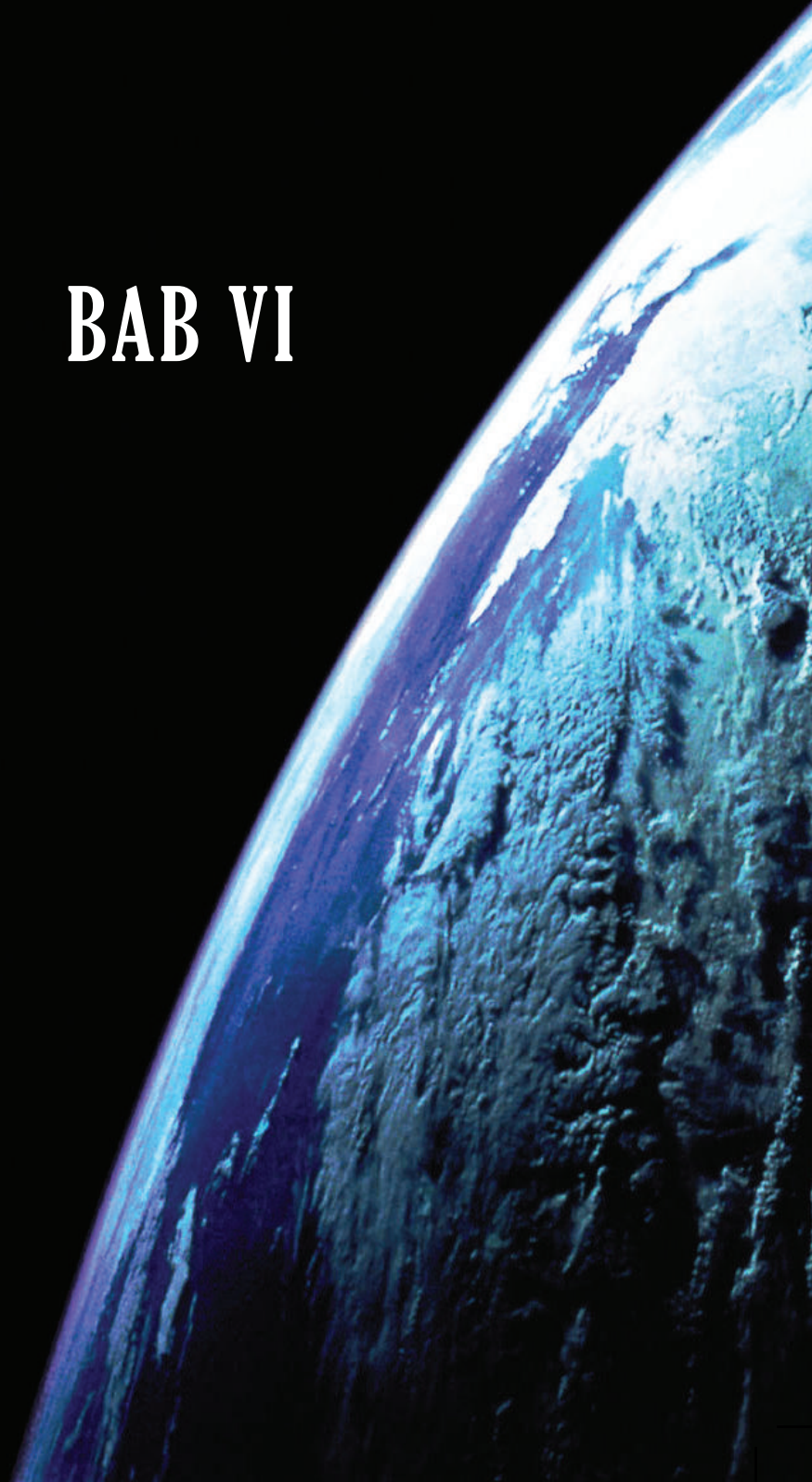
Besi merupakan logam yang paling banyak dipakai. Ketersediaannya di alam relatif banyak dan unsur besi terdapat pada hampir setiap jenis batuan. Cebakan besi berasal dari mineral-mineral besi oksida yang mengendap di dasar laut sebagai akibat dari terciptanya kondisi lingkungan tertentu yang menyebabkan akumulasi mineral ini, seperti suasana asam dan miskin oksigen pada era proterozoikum. Proses dinamika bumi selanjutnya menyebabkan endapan ini terangkat ke atas daratan. Pelapukan yang terjadi kemudian, selama masa tersier atau eosin, mengubah oksida ini menjadi bentuk mineral yang lebih mudah diproses. Sebagai contoh, beberapa cebakan besi di Australia Barat yang merupakan deposit placer, terbentuk dari kerikil besi hematite yang dikenal dengan nama pisolit, merupakan cebakan besi yang sangat murah untuk ditambang.

Timah, misalnya, adalah logam yang cadangannya cukup besar di Indonesia. Keberadaan timah biasanya bersamaan

degan Tungsten dan Molibdenum. Ketiga logam ini umumnya terbentuk pada sejenis granit tertentu, yang seperti halnya cebakan-cebakan emas dan tembaga, terbentuk melalui mekanisme terobosan magma. Untuk kasus timah di Indonesia, pengayaan bijih selanjutnya terjadi pada proses pelapukan batuan, sehingga kandungan timah yang tinggi dijumpai pada lapisan batuan yang melapuk dan pada batuan sedimen hasil lapukannya.

Cebakan emas terbentuk melalui berbagai proses geologi yang kemudian dapat diklasifikasikan menjadi cebakan primer, cebakan alluvial atau placer, dan cebakan residual atau laterit. Seringkali suatu cebakan merupakan campuran dari tipe-tipe cebakan di atas. Pergerakan lempeng tektonik melatarbelakangi proses-proses yang membentuk cebakan emas. Kebanyakan cebakan emas primer dapat dibedakan menjadi dua kategori yaitu deposit lode dan deposit terobosan. Deposit lode umumnya tipis tetapi memiliki kandungan tinggi yang terdiri dari urat-urat atau bongkah yang mengandung emas murni atau emas sulfida dan tellurida. Deposit lode biasa terdapat pada basalt atau pada sedimen yang dikenal dengan nama turbidit. Deposit ini berkaitan erat dengan proses orogenik atau proses tumbukan lempeng lainnya karena diperkirakan terbentuk melalui dehydrasi basalt selama proses malihan. Emas terangkut ke arah permukaan pada patahan oleh larutan hidrotermal dan terendapkan ketika mendingin. Emas yang berkaitan dengan batuan terobosan biasa terdapat pada granit bersama dengan logam-logam lainnya, seperti timah, tembaga, tungsten, atau uranium. Sedangkan cebakan placer atau alluvial berasal dari endapan primer yang kemudian terkonsentrasi melalui proses-proses pelapukan, erosi, dan sedimentasi.

Pada hakekatnya Allah swt telah menyiapkan segala yang dibutuhkan manusia untuk menjadi khalifah dan mengelola bumi. Ketersediaan udara, air, energi, mineral dlsb yang telah disediakan melalui proses geologi yang panjang harusnya disyukuri melalui pengelolaan sumber daya alam yang bijak jauh dari keserakahan sehingga kelestarian alam dapat terjaga. Maka senantiasa harus dicamkan mengapa Allah SWT menyindir manusia berkali-kali dalam Surah ar-Rahmaan, “Maka nikmat Tuhan kamu yang manakah yang kamu dustakan?”.

# BAB VI

# SAMUDRA, CUACA, DAN IKLIM

## A. Laut dan Samudra

Tentang laut dan samudera, banyak penjelasan yang bisa ditemukan dalam Al-Qur'an. Allah berfirman,

هُوَ الَّذِيْ يُسَيِّرُكُمْ فِى الْبَرِّ وَالْبَحْرِۗ حَتّٰىٓ اِذَا كُنْتُمْ فِى
الْفُلْكِۚ وَجَرَيْنَ بِهِمْ بِرِيْحٍ طَيِّبَةٍ وَّفَرِحُوْا بِهَا
جَاۤءَتْهَا رِيْحٌ عَاصِفٌ وَّجَاۤءَهُمُ الْمَوْجُ مِنْ كُلِّ
مَكَانٍ وَّظَنُّوْٓا اَنَّهُمْ اُحِيْطَ بِهِمْۙ دَعَوُا اللّٰهَ مُخْلِصِيْنَ
لَهُ الدِّيْنَ ەۚ لَىِٕنْ اَنْجَيْتَنَا مِنْ هٰذِهٖ لَنَكُوْنَنَّ مِنَ
الشّٰكِرِيْنَ

*Dialah Tuhan yang menjadikan kamu dapat berjalan di daratan, (dan berlayar) di lautan. Sehingga ketika kamu berada di dalam kapal, dan meluncurlah (kapal) itu membawa mereka (orang-orang yang ada di dalamnya) dengan tiupan angin yang baik, dan mereka bergembira karenanya; tiba-tiba datanglah badai dan gelombang menimpanya dari segenap penjuru, dan mereka mengira telah terkepung (bahaya), maka mereka berdoa dengan tulus ikhlas kepada Allah semata. (Seraya berkata), "Sekiranya Engkau menyelamatkan kami dari (bahaya) ini, pasti kami termasuk orang-orang yang bersyukur."* (Yūnus/10: 22)

Dalam ayat lain dijelaskan,

*Dia membiarkan dua laut mengalir yang (kemudian) keduanya bertemu, di antara keduanya ada batas yang tidak dilampaui oleh masing-masing.*
(ar-Raḥmān/55: 19-20)

# TAFSIR

AYAT 22 SURAH YŪNUS menunjukkan besarnya kekuasaan dan karunia Allah yang telah diberikan kepada manusia. Dengan karunia itu, kita merasa nyaman dan santai ketika berjalan di daratan dan berlayar di lautan, baik dengan kapal besar maupun kecil, bahkan bisa mengarungi angkasa dengan pesawat terbang. Manusia pun dapat memenuhi berbagai keinginan dan kesenangan hidupnya.

Ayat ini menerangkan bahwa laut bukanlah penghalang bagi manusia untuk melakukan semua kegiatan dalam hidup. Daratan dan lautan, keduanya dapat menjadi sarana dalam berbagai aktivitas. Laut adalah penghubung dua daratan, sebagaimana daratan merupakan penghubung dua lautan. Dengan anugerah Allah, manusia dapat dengan mudah menembus daratan maupun lautan.

Dengan cara berkisah, ayat ini menjelaskan sifat manusia ada umumnya. Dalam keadaan bahaya dan terancam oleh malapetaka, manusia akan ingat dan berserah diri kepada Allah. Dia pun berdoa, bermohon agar dihindarkan dari bahaya dan malapetaka yang dihadapinya. Sebaliknya, jika bahaya dan malapetaka itu sudah hilang, mereka merasa senang dan bahagia, serta lupa kepada Allah, seakan mereka tidak pernah berharap pertolongan-Nya. Kezaliman dan keangkaramurkaan pun kembali mereka buat dan tebarkan hingga kehidupan dunia semakin rusak.

Allah berfirman,

فَلَمَّآ اَنْجٰىهُمْ اِذَا هُمْ يَبْغُوْنَ فِى الْاَرْضِ بِغَيْرِ الْحَقِّۗ يٰٓاَيُّهَا النَّاسُ اِنَّمَا بَغْيُكُمْ عَلٰٓى اَنْفُسِكُمْ مَّتَاعَ الْحَيٰوةِ الدُّنْيَاۖ ثُمَّ اِلَيْنَا مَرْجِعُكُمْ فَنُنَبِّئُكُمْ بِمَا كُنْتُمْ تَعْمَلُوْنَ

### *al-Mauj* (Yūnus/10: 22)

*al-Mauj* berarti gelombang besar. Berasal dari kata kerja *māja yamūju maujan*, artinya gelombang laut yang besar dan bertubi-tubi. Besarnya gelombang laut bisa mencapai sebesar gunung (Hūd/11: 42). Gelombang sebesar inilah yang menelan tubuh Kan'ān, putra Nabi Nuh, ketika terjadi banjir besar yang ketinggian airnya melebihi puncak gunung (Hūd/11: 43). Jadi, *al-mauj* berarti gelombang laut yang besar dan dahsyat.

### *Lā yabgiyān* (ar-Raḥmān/55: 20)

*Lā yabgiyān* berarti keduanya tidak melampaui. Berasal dari kata kerja *bagā yabgī bagyan wa bugyatan*, artinya mencari, durhaka, bohong, bertindak zalim. Kemudian ditambah huruf *nafyi* (negasi) yang berarti tidak. Maksudnya, kedua air laut itu, meski telah bertemu dalam satu tempat, tetapi antara keduanya tidak saling mempengaruhi. Keduanya tetap dengan sifat masing-masing. Sebab Allah telah membatasi di antara keduanya dengan batas yang telah diciptakan dengan kekuasaan-Nya. Ini sebagaimana diterangkan pada Surah al-Furqān/25: 53, bahwa Allah membiarkan dua laut mengalir (berdampingan), yang satu tawar dan segar, dan yang satu lagi asin dan pahit. Tetapi keduanya tidak bercampur karena Allah telah memberikan dinding dan batas yang tidak tembus.

*Tetapi ketika Allah menyelamatkan mereka, malah mereka berbuat kezaliman di bumi tanpa (alasan) yang benar. Wahai manusia! Sesungguhnya kezalimanmu bahayanya akan menimpa dirimu sendiri; itu hanya kenikmatan hidup duniawi, selanjutnya kepada Kamilah kembalimu, kelak akan Kami kabarkan kepadamu apa yang telah kamu kerjakan.*

Ayat 19 dan 20 Surah ar-Raḥmān menjelaskan fenomena pertemuan dua laut. Dua laut memang dapat bertemu, tetapi airnya tidak saling mempengaruhi. Perbedaan sifat fisis terutama rapat masa (densitas) yang merupakan fungsi dari temperatur, salinitas (tingkat kegaraman) dan tekanan air laut, telah memungkinkan dua laut berdampingan. Air sungai yang tawar di muara ketika bertemu dengan air laut yang asin juga tidak saling mempengaruhi. Yang asin tidak mempengaruhi yang tawar sehingga yang tawar menjadi asin dan yang tawar pun tidak mempengaruhi yang asin sehingga menjadi tawar. Allah berfirman,

*Dan Dialah yang membiarkan dua laut mengalir (berdampingan); yang ini tawar dan segar dan yang lain sangat asin lagi pahit; dan Dia jadikan antara keduanya dinding dan batas yang tidak tembus.*
(al-Furqān/25: 53)

## Samudra

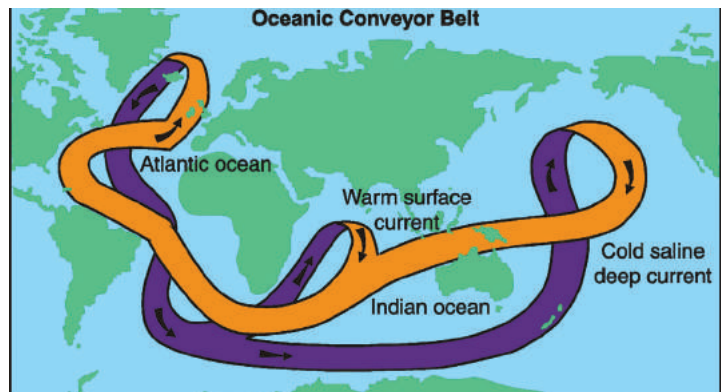
Luas bumi kita sebagian besar ditutupi oleh laut. Perbandingan luas laut dan daratan sekitar 71% : 29% (Willie, 1971). Dalam Al-Qur'an, laut disebut sebanyak 32 kali dan daratan sebanyak 13 kali. Dari bilangan tersebut, diperoleh perbandingan lautan dan daratan sekitar 71% : 29%. Subhanallah, Mahasuci Allah dan Maha Mengetahui! (Djamil, 2004)

Menurut kajian ilmiah, laut mempunyai sifat fisika dan kimia yang tidak homogen. Ketidakhomogenan ini yang menyebabkan laut bergerak dinamis. Proses yang memicu pergerakan adalah angin dan gradien densitas dalam arah horizontal dan melibatkan rotasi bumi atau gaya coridis, topografi dasar laut, maupun hubungan satu sama lain antarlaut. Distribusi rapat massa yang tergantung pada tingkat kegaraman, temperatur, dan tekanan air laut juga mempunyai peran penting. Aliran arus permukaan yang hangat dari kawasan tropis mengalir melintasi khatulistiwa menuju Lautan Atlantik Utara dan Laut Norwegia, untuk kemudian mengalami pendinginan. Akibat pendinginan ini, terjadi peningkatan rapat massa, dan laut bergerak ke bawah membentuk North Atlantic Deep Water (NADW) , sebagai aliran arus bawah, dan bergerak menuju Lautan Atlantik Selatan, Lautan Hindia, dan menuju Lautan Pasifik dan bergerak ke permukaan di daerah-daerah terjadinya Upwelg. Di beberapa tempat di dunia, terjadi pertemuan antara laut dengan tingkat kegaraman yang tinggi dan pendinginan yang kuat. Keadaan ini menyebabkan air laut menyusup ke bawah hingga terjadi arus laut dan menjadi penggerak sirkulasi laut dalam atau yang biasa disebut dengan *deep ocean circulation* (Vouturiez, 2003). Selain itu, evaporasi juga menyebabkan penurunan temperatur dan peningkatan rapat massa (densitas) permukaan laut yang pada gilirannya menyebabkan laut di bagian atas turun ke bawah. Sirkulasi yang disebut sirkulasi termohalin ini menyebabkan sirkulasi global yang gerakannya sering diidentikkan dengan Arus termokalin "*conveyor belt*" yang dapat menggerakkan tidak saja air laut, tetapi

juga temperatur dan sifat-sifat lainnya, serta materi-materi di lautan. Selain itu, sirkulasi termohalin ini mengontrol iklim global

Penjelasan di atas adalah gambaran global pergerakan arus laut. Kenyataannya, pergerakan arus laut lebih kompleks. Djamil, seorang ahli kelautan mengatakan bahwa di bawah garis khatulistiwa di Lautan Pasifik, Atlantik, dan Lautan Hindia, terdapat arus yang bergerak melawan arus permukaannya, dan dikenal sebagai *Pasific Equatorial Undercurrent*, atau disebut juga sebagai *Cromwell Current.* Arus ini bergerak ke timur, yang menentang arus *Pasific South Equatorial Current*, yang bergerak ke barat. Arus yang mempunyai ketebalan 150 m dan panjang 402 km, dan batas atasnya antara 42-91 m, selalu bergerak di bawah khatulistiwa. Air laut yang bergerak dalam aliran arus Cromwell ini, yang bergerak ke timur, menentang aliran arus ke barat, dan antara keduanya terdapat batas. Batas antara dua aliran arus laut ini, tidak hanya sebatas wilayah yang disebutkan di atas, tetapi juga ditemui di Selat Gibraltar maupun di sebelah timur Jepang.

Djamil (2004) menjelaskan dengan rinci tentang lautan dalam bukunya yang berjudul "*Al Qur'an dan Lautan*". Batas dua laut seperti dijelaskan di atas terjadi antara lain karena perbedaan sifat fisis laut yakni adanya perbedaan salinitas, densitas (rapat massa), tekanan, suhu dan sifat-sifat fisik maupun kimia lainnya. Perbedaan sifat fisis tersebut memungkinkan terjadinya perbedaan antar lautan dengan batas atau pemisahan yang jelas. Batas tersebut bisa vertikal bisa pula horizontal. Perbedaan fisis tersebut pada gilirannya menyebabkan laut menjadi dinamis dan bergerak dengan mambawa sekaligus materi-materi yang dikandungnya menyebar ke berbagai tempat di dunia. Bukankah itu nikmat?

Keadaan di atas merupakan salah satu mesin iklim yang dengan leluasa mendistribusikan temperatur permukaan bumi melalui *conveyor belt* yang menghubungkan samudra Pasifik, Hindia, dan Atlantik. Sifat-sifat fisik lautan telah memungkinkan pergerakan tersebut. Permukaan laut yang hangat dan asin bergerak ke Atlantik Utara dan Laut Norwegia. Di wilayah ini, massa laut tersebut didinginkan dan rapat massanya (densitas) naik hingga menyebabkan air laut turun ke bawah dan bergerak kembali ke Pasifik Selatan melalui Samudra Hindia

Gambar -6.1: Sistem ban berjalan samudera yang menjadi mesin iklim (oceanic conveyer belt, Steffen

Allah berfirman,

مَرَجَ الْبَحْرَيْنِ يَلْتَقِيَانِ ﴿١٩﴾ بَيْنَهُمَا بَرْزَخٌ لَّا يَبْغِيَانِ ﴿٢٠﴾ فَبِأَيِّ آلَاءِ رَبِّكُمَا تُكَذِّبَانِ ﴿٢١﴾ يَخْرُجُ مِنْهُمَا اللُّؤْلُؤُ وَالْمَرْجَانُ ﴿٢٢﴾ فَبِأَيِّ آلَاءِ رَبِّكُمَا تُكَذِّبَانِ ﴿٢٣﴾

*Dia membiarkan dua laut mengalir yang (kemudian) keduanya bertemu, di antara keduanya ada batas yang tidak dilampaui oleh masing-masing. Maka nikmat*

*Tuhanmu yang manakah yang kamu dustakan? Dari keduanya keluar mutiara dan marjan. Maka nikmat Tuhanmu yang manakah yang kamu dustakan?*
(ar-Raḥmān/55: 19-23)

Allah membiarkan dua laut mengalir yang (kemudian) keduanya bertemu. Di antara keduanya, ada batas yang tidak dilampaui oleh masing-masing. Sungguh sangat luar biasa. Maka, apakah kita masih akan mendustakan nikmat Allah yang sangat besar ini? Dari keduanya, keluar mutiara dan marjan, jenis perhiasan mahal dan sangat disukai manusia. Maka, nikmat Tuhan yang manakah yang kamu dapat mendustakannya? Sungguh tidak terhitung nikmat-nikmat Allah yang dilimpahkan kepada manusia. (an-Naḥl/16: 18).

Allah berfirman,

*.... dan yang menjadikan suatu pemisah antara dua laut? Apakah di samping Allah ada tuhan (yang lain)? Sebenarnya kebanyakan mereka tidak mengetahui.*
(an-Naml/27: 61)

Batas dua lautan ini mungkin terjadi disebabkan adanya perbedaan densitas. Batas ini bisa vertikal dan bisa pula horizontal (Djamil, 2004). Perbedaan tersebut telah memungkinkan adanya pergerakan laut dari Pasifik ke Atlantik. Pergerakan ini berinteraksi dengan atmosfer yang pada gilirannya berperan pada variabilitas iklim.

Contoh lain adalah fenomena yang terjadi di Selat Gibraltar, di mana massa air samudra Atlantis utara mengalir di atas air laut Tengah, dan di bagian bawah bergerak sebaliknya. Hal ini disebabkan densitas Laut Tengah lebih tinggi dibandingkan densitas Samudra Atlantik (Safwanhadi, 2010; komunikasi pribadi).

Pergerakan massa laut yang disebabkan variasi perbedaan sifat fisis dari satu tempat ke tempat lain ini sangat membawa manfaat bagi kehidupan. Naiknya masa air dingin ke atas *(upwelling)* yang kaya akan mineral (N, P, Si) menjadi nutrien bagi pertumbuhan fitoplankton dan dimanfaatkan zooplankton. Selanjutnya, wilayah yang kaya zooplankton ini menjadi tempat berkumpulnya ikan dan memudahkan nelayan untuk menangkapnya. Kini, dengan menggunakan teknologi satelit manusia dengan mudah mendeteksi *upwelling* dan menyampaikan informasi keberadaannya bagi nelayan. Maka nikmat Tuhan kamu manakah yang kamu dustakan?

Perbedaan sifat fisik lautan telah memberikan manfaat tiada tara bagi manusia. Seandainya laut adalah homogen maka semuanya menjadi statis tanpa pergerakan dan kita tidak dapat membayangkan apa yang akan terjadi. Dengan adanya perbedaan sifat fisik dan kimia maka telah memungkinkan laut bergerak dan ikut menjadi motor iklim.

## Sumber Daya Laut

Di dalam laut tersimpan sumber daya yang sangat besar yang dapat dimanfaatkan manusia. Pada hakikatnya, sumber daya yang tersimpan di laut dapat dibedakan menjadi dua, yaitu: bersifat hayati (terbarukan) dan nonhayati (tidak terbarukan). Sumberdaya laut yang terbarukan adalah sumber daya yang berasal dari hewan dan tumbuhan yang hidup di laut. Sedang yang tidak terbarukan adalah sumber daya yang berupa mineral, logam, serta energi yang berupa minyak

dan tumbuhan yang pernah hidup beberapa juta tahun lalu. Sumber daya yang tidak terbarukan jika terus diekploitasi, pada suatu saat akan habis. Sedang sumber daya yang terbarukan yang berupa mahluk hidup, jika diekploitasi secara benar akan dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan. Kunci utama untuk pemanfaatan yang lestari dari sumber daya laut adalah apabila kita semua dapat mengendalikan dan mengelola segala aktivitas manusia yang memanfaatkannya.

Uraian di bawah ini akan membahas sumber daya hayati yang terbarukan, ketersediaannya secara alami, dan keterbatasannya.

### Keberadaan Sumber Daya Laut

*Dari keduanya keluar mutiara dan marjan.*
(ar-Raḥmān/55: 22)

Sumber daya laut yang dapat dimanfaatkan manusia tersebar di seluruh perairan laut, mulai dari daerah tropis hingga subtropis dan antartika. Sebaran tertinggi, dilihat dari keragaman jenisnya, terdapat di sekitar daerah tropis dan semakin berkurang menuju kutub atau daerah Antartika. Sedang jika dilihat dari biomassanya, semakin dingin suhu suatu daerah, biomassanya akan bertambah besar. Artinya, keanekaragaman jenis sumber daya di daerah tropis jauh lebih besar dibanding keanekaragaman jenis biota yang dapat hidup di daerah dingin. Namun jika dilihat dari jumlah biomassanya, satu jenis hewan yang hidup di daerah tropis tidak dapat mencapai jumlah volume yang besar. Sedangkan satu jenis biota yang hidup di daerah dingin dapat mencapai jumlah yang sangat besar. Sebagai contoh, cumi-cumi atau udang-udang kecil yang hidup di daerah tropis jika dipanen hanya menghasilkan beberapa ribu ton saja. Sedang yang hidup di daerah dingin dapat dipanen dalam jutaan ton.

Sebaran vertikal hewan yang hidup di laut tidak merata. Kedalaman sekitar 200 meter merupakan kedalaman yang paling produktif dibandingkan kedalaman di bawahnya. Produktivitas laut ditentukan oleh keberadaan sinar matahari dan jauh dekatnya dengan daratan. Makin dekat laut dengan daratan, makin subur dan makin beragam jenis biotanya.

Menurut keberadaannya, hewan laut dapat dibedakan menjadi beberapa kelompok, yaitu: *pertama*, hewan yang hidup di dasar perairan dengan cara membenamkan diri di pasir atau di lumpur; *kedua*, hewan bentik yang hidup melekat atau di permukaan dasar perairan; *ketiga*, hewan demersal yang hidup dekat dengan dasar perairan; dan *keempat*, hewan pelagis yang hidup di kolom air atau hidup di laut lepas. Ikan-ikan pelagis ini biasanya hidup bermigrasi dari satu tempat ke tempat yang lain. Selain itu, masih ada juga jenis mamalia laut, seperti paus, yang sebagian besar hidupnya dihabiskan di daerah dingin atau di sekitar kutub.

Pada kedalaman di mana sinar matahari tidak dapat lagi menembus, masih hidup berbagai biota laut. Namun biasanya tidak lagi mempunyai nilai ekonomis yang penting. Hewan yang mendominasi kehidupan di laut dalam adalah dari jenis ubur-ubur dan ekinodermata.

### Pemanfaatan Jenis Sumber Daya Laut

Sumber daya alam yang berasal dari laut, ada yang dapat dimanfaatkan secara

Gambar-6.2: Anemone laut dalam (Sumber: NOAA)

langsung dan ada yang tidak langsung. Berbagai jenis tumbuhan dan hewan yang dapat dimanfaatkan secara langsung antara lain: ikan, moluska, krutasea, karang, mamalia, reptil, algae (rumput laut), dan ekinodermata. Sedang kelompok hewan yang dapat dimanfaatkan secara tidak langsung, antara lain: sponge, plankton, karang, dan mikroba laut. Selain berfungsi sebagai sumber makanan, biota laut juga mempunyai fungsi ekologis yang sangat besar.

Sumber daya ikan di laut merupakan sumber daya yang paling penting bagi kehidupan manusia. Keanekaragaman ikan di laut mencapai lebih dari 15.000 jenis. Hampir semua jenis ikan dapat dimanfaatkan, baik ikan demersal, pelagis kecil, maupun pelagis besar. Fungsi ekologi dari ikan adalah sebagai pemakan dan yang dimakan serta pengontrol kesetimbangan alami.

1. **Sumber daya *cetacean* (mamalia laut)**

Termasuk dalam kelompok ini adalah paus, maneti, pesut, lumba-lumba, dan dugong. Kelompok ini mempunyai anggota sekitar 83 jenis. Dari kelompok ini, pauslah yang paling banyak dimanfaatkan oleh manusia, terutama orang Jepang dan Eropa. Fungsi ekologis *cetacean* lebih bersifat pengontrol populasi biota laut lainnya. *Cetacean* umumnya berkedudukan sebagai top predator (pemangsa), misalnya: lumba-lumba pembunuh, lebih banyak mengontrol kelimpahan cumi-cumi, sedangkan paus pembunuh dapat mengontrol populasi anjing laut.

2. **Sumber daya ekinodermata**

Kelompok ini mempunyai keanekaragaman cukup tinggi, sekitar 16.000 jenis. Namun yang dapat dimanfatkan secara langsung jumlahnya sedikit, antara lain teripang dan bulu babi (diambil telurnya). Fungsi ekologis ekinodermata antara lain sebagai pengontrol populasi rumput laut dan lamun. Sedang yang makan detritus lebih banyak berfungsi sebagai pengendali dan pembersih sisa-sisa bahan organik yang ada di dasar laut.

3. **Sumber daya krustasea**

Merupakan kelompok yang mempunyai anggota paling banyak, yaitu sekitar 44.300 jenis. Dari kelompok ini, banyak yang sudah dimanfaatkan, antara lain: kepiting, rajungan, dan udang.

**Gambar-6.3:** Ikan paus (Sumber: Cencus of Marine Life)

**4. Sumber daya moluska**

Kelompok ini mempunyai anggota cukup besar, lebih dari 20.000 jenis. Yang dimanfaatkan dari jenis ini adalah daging dan cangkangnya. Cangkang biasanya untuk perhiasan, seperti kerang mutiara. Sedang keong trochus (susu bundar), cangkangnya dimanfaatkan untuk pebuatan kancing baju dan perhiasan. Kima, abalon, keong, siput, dan kerang, dimanfaatkan dagingnya. Cumi dan gurita, bentuk tubuhnya jauh berbeda dengan kerang dan keong, namun masih masuk dalam kelompok moluska. Karena sebagian besar moluska adalah herbivora (pemakan tumbuhan) maka kelompok ini mempunyai fungsi ekologis sebagai pengendali tumbuhan laut, seperti algae dan lumut laut.

**5. Kolenterata**

Yang banyak dikenal dari jenis ini adalah kelompok karang. Kelompok ini mempunyai anggota sekitar 15.000 jenis. Yang dimanfaatkan dari kelompok ini adalah karang, akar bahar, ubur-ubur, dan gorgonian. Karang banyak dimanfaatkan sebagai bahan bangunan. Ada juga yang digunakan sebagai perhiasan, yaitu karang jenis Caralium Rubrum atau yang lebih dikenal oleh orang arab dengan Marjan. Karang ini hidup pada kedalaman 300 meter ke bawah. Jenis karang ini cukup mahal harganya, sekitar 15 juta per kilogramnya.

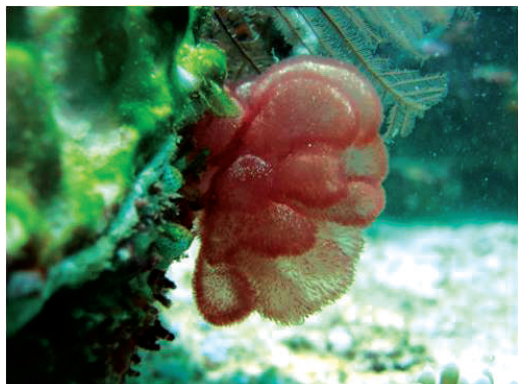
Akar bahar dan gorgonian dimanfaatkan untuk membuat perhiasan. Sedang ubur-ubur dimanfatkan untuk makanan. Fungsi ekologis dari terumbu karang adalah sebagai tempat bertelur, memijah, membesarkan anakan, dan mencari makan bagi biota laut lainnya. Di samping itu, terumbu karang juga sebagai pemecah gelombang sehingga dapat menahan erosi pantai.

**6. Sumber daya Sponge**

Kelompok ini mempunyai keanekaragaman jenis yang cukup tinggi, sekitar 15.000 jenis. Jenis ini sangat sedikit dimanfaatkan secara langsung, hanya satu jenis saja yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan peralatan mandi. Namun, saat ini sponge menjadi primadona. Di dalam tubuh sponge banyak ditemukan bahan aktif antikanker, antibakteri, dan bahan obat-obatan lainnya. Mengapa sponge mempunyai anti bakteri di dalam tubuhnya? Secara alami, makanan Sponge adalah bakteri yang ada di dalam laut. Karena itu, di dalam tubuhnya pasti ada zat antibakteri. Fungsi ekologis sponge antara lain sebagai pembersih air laut dari berbagai zat organik.

Gambar-6.4: Porifera (sponge; Sumber: Suharsono)

**7. Sumber daya algae (rumput laut)**

Kelompok ini mempunyai anggota sekitar 3000 jenis. Jenis yang telah dimanfaatkan adalah jenis-jenis algae yang mengandung agar, alginat, dan karaginan. Tanpa kita sadari, manfaat bahan dari

Gambar-6.5: Macroalga (seaweeds/rumputlaut; Sumber: Suharsono)

rumput laut ini banyak dipakai oleh manusia, terutama dalam industri makanan, obat-obatan, dan kecantikan. Sedang alginat, banyak dipakai dalam idustri tekstil dan cat. Fungsi ekologis algae adalah sebagai penyedia makanan bagi hewan-hewan laut, terutama hewan-hewan yang bersifat herbivora (pemakan tumbuhan) dan sebagai produsen di laut.

8. **Lamun atau rumput laut**

Manfaat langsung kelompok ini bagi kehidupan manusia hampir tidak ada. Namun lamun mempunyai fungsi ekologis yang cukup besar, yaitu sebagai penyedia bahan makanan bagi dugong dan penyu. Selain itu juga sebagai tempat bertelur, memijah, dan tempat mencari makan bagi hewan laut lainnya, terutama cumi dan udang. Lamun juga berfungsi sebagai penstabil dasar laut dari hempasan ombak.

Masih banyak biota laut lainnya yang belum diulas dalam tulisan singkat ini, misalnya dari kelompok Bryozoa, Porolithon, Foraminifer, Plankton, Miofauna, dan bakteri laut. Semuanya tentu mempunyai manfaat dan kegunaan bagi kehidupan manusia.

## Ketersedian Sumber Daya Hayati Laut

Keberadaan sumber daya laut dalam jumlah dan biomassa bersifat dinamis dan fluktuatif, tergantung dari kondisi lingkungan. Ukuran populasi satu jenis hewan atau tumbuhan selalu dalam kondisi kesetimbangan, karena hewan yang satu akan mengontrol dan dikontrol keberadaan hewan lainnya. Secara sederhana dapat dikatakan bahwa setiap hewan mempunyai posisi memakan dan dimakan oleh hewan lainnya. Secara ekologi, sumber daya laut yang ada merupakan suatu siklus rantai makanan yang tidak terputus.

Setiap hewan atau tumbuhan mempunyai kedudukan dan posisi yang mempunyai peran fungsi yang spesifik dalam "siklus rantai makanan". Rantai makanan selalu dimulai dari tumbuhan laut yang disebut sebagai produsen. Sedang hewan yang ada di laut disebut sebagai konsumen. Sebagai contoh, siklus rantai makanan di daerah tropis (Indonesia) dapat dijelaskan sebagai berikut: rantai makanan dimulai dari Fitoplankton yang merupakan produsen pertama atau tumbuhan terkecil di laut. Fitoplankton mengambil zat hara anorganik yang ada di laut dan menyerap energi matahari untuk melakukan fotosintesis. Hasil fotosintesis ini berupa zat organik yang merupakan makanan bagi hewan laut. Hewan laut yang pertama memakan Fitoplankton adalah Zooplankton. Zooplankton pada gilirannya akan dimakan oleh ikan-ikan kecil atau anakan ikan. Ikan–ikan kecil ini, misalnya teri, akan dimakan oleh ikan-ikan yang berukuran lebih besar, misalnya ikan tongkol. Ikan-ikan sejenis tongkol ini akan dimakan oleh ikan yang berukuran lebih besar lagi, misalnya ikan barakuda, tuna, marlin, atau ikan hiu. Ikan yang berukuran besar di

laut sering disebut sebagai *top carnivora* yang mempunyai kedudukan tertinggi dalam siklus rantai makanan. Bila ikan-ikan besar ini secara alami mati, maka tubuhnya akan ditumbuhi oleh berbagai mikroba yang akan mengurai kembali tubuh yang mati itu menjadi zat-zat anorganik yang kemudian dapat dimanfaatkan kembali oleh Fitoplankton.

Banyak sekali siklus rantai makan yang ada di laut dan itu sangat kompleks. Sebagian contoh, berikut ini ilustrasi rantai makanan yang pendek dan lebih sederhana yang terjadi di laut: Rumput laut atau yang biasa disebut lamun merupakan tumbuhan sejati satu-satunya yang ada di laut, karena mempunyai akar, batang, daun, bunga, dan buah. Lamun menyerap zat hara anorganik dari dasar perairan atau dari air laut untuk tumbuh. Lamun merupakan makanan utama bagi dugong dan penyu. Kedua hewan ini, pada waktu masih kecil, juga merupakan makanan bagi ikan hiu dan hewan laut lainnya. Namun, ketika dugong sudah menjadi dewasa, tidak ada lagi yang berani memakannya.

Siklus rantai makanan di laut bersifat setimbang dan dinamis. Jika salah satu rantai makan terganggu, akan menganggu secara keseluruhan siklus itu. Misalnya: pengambilan ikan teri yang berlebihan oleh manusia akan menyebabkan terjadinya ledakan populasi zooplankton. Artinya, jumlah zooplankton yang ada di laut menjadi sangat banyak dan melimpah karena ikan teri yang biasa memakannya tidak ada. Sedang ikan-ikan yang lebih besar, yang biasa makan teri, jumlahnya menjadi sedikit atau bahkan mati karena tidak ada lagi yang bisa dimakan. Ikan yang lebih besar berikutnya, jumlahnya juga akan terganggu. Oleh karena itu penting sekali menjaga kesetimbangan siklus rantai makanan di laut. Manusia boleh memanfaatkan sumber daya laut, namun harus mengingat adanya kesetimbangan siklus rantai makan. Manusia dapat menghitung atau memperkirakan pemanfaatan yang lestari dari hewan dan tumbuhan laut tanpa mengganggu kesetimbangan siklus rantai makan.

Sebenarnya, *top carnivora* bagi hewan-hewan di laut adalah manusia. Namun manusia juga sering bertindak sebagai middle atau bahkan *lower carnivora* (karnivora tingkat bawah) dalam memanfaatkan siklus rantai makanan yang ada di laut. Sebagai contoh: manusia dapat memanfaatkan plankton, atau mengambil teri, atau mengambil ikan tongkol, bahkan mengambil ikan hiu, paus dugong, penyu, dan hewan laut lainnya. Jadi manusia dapat bertindak sebagai pengontrol, penganggu, atau pemanfaat pada setiap jenjang tingkat rantai makanan. Untuk itu diperlukan kesadaraan penuh manusia tentang siklus rantai makan di laut; bahwa eksploitasi ikan secara semena-mena akan dengan mudah menghancurkan sumber daya hayati yang ada di laut.

Kunci utama kehidupan hewan di laut adalah adanya tumbuhan di laut, seperti fitoplankton, algae, lamun, dan mikroba. Ketiga jenis tumbuhan ini dapat mengambil zat hara anorganik dan memanfaatkan energi sinar matahari untuk menyediakan zat organik yang menjadi makanan utama hewan di laut. Tanpa tumbuhan, laut akan kosong.

Pertanyaan berikutnya, bagaimana zat hara dan sumber daya laut lainnya dapat tersebar di seluruh perairan laut di dunia? Laut, meski secara umum terlihat tidak bergerak atau mengalir ke mana-mana layaknya sungai yang airnya mengalir dari hulu ke hilir, sebenarnya secara alami

mengalirkan arus secara terus-menerus sepanjang masa. Adanya pola arus lintas Indonesia dari Samudera Pasifik menuju lautan Hindia yang kemudian dilanjutkan ke Samudera Atlantik dan kembali lagi sebagai pola arus global (adanya *Conveyer Belt*) adalah bukti tentang adanya aliran arus laut.

Penjelasan tentang adanya pola arus global di bumi ini secara alami cukup rumit dan panjang. Namun secara singkat, penyebab terjadinya pola arus global ini antara lain dapat dijelaskan karena adanya angin dan sifat fisika air laut yang berhubungan dengan terjadinya gradien densitas horizontal. Sedang yang berhubungan dengan arah arus, lebih banyak mengikuti rotasi bumi dan pembelokan oleh benua. Tentang pola arus dari yang bersifat global regional ataupun lokal, itu banyak dipengaruhi oleh adanya angin, pasang surut, dan iklim lokal. Dalam skala lokal dan waktu yang pendek, sering terlihat terjadinya ketidakteraturan. Namun, bila dilihat secara global dan dalam jangka panjang, akan terihat adanya keteraturan yang mengikuti hukum alam, *sunnatullah*.

Adanya pola arus menjamin tersedianya zat hara anorganik yang dapat dimanfaatkan oleh Fitoplankton. Adanya *upwelling* dan *down welling* menjamin terjadinya pengadukan dari dasar laut ke permukaan air laut sehingga zat-zat hara yang mengendap di dasar laut dapat dibawa ke permukaan kembali dan dapat dimanfaatkan oleh Fitoplankton dan tumbuhan laut lainnya.

Seperti di darat, di laut pun terdapat daerah gersang dan daerah subur. Daerah-daerah yang mengalami *upwelling* merupakan daerah yang subur, misalnya pantai timur Bali atau Pantai Selatan Banyuwangi. Daerah *upwelling* kaya akan zat hara anorganik yang berasal dari dasar laut. Adanya zat hara anorganik menyebabkan Fitoplankton tumbuh subur dan akan menarik Zooplankton untuk memakan Fitoplankton. Adanya Zooplankton yang melimpah akan menyebabkan ikan Lemuru tumbuh pesat dan melimpah di daerah ini. Akhirnya, ikan-ikan pemakan Lemuru pun akan berkumpul di daerah ini.

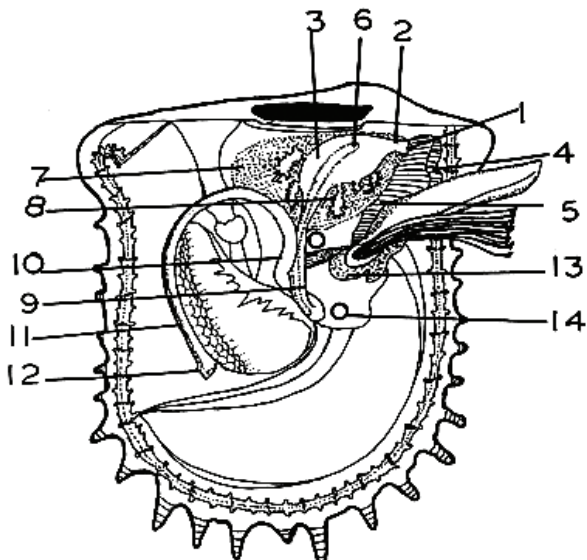
Ayat 22 dan 23 Surah ar-Raḥmān memberitahukan kepada kita bahwa dari kedua laut itu keluar mutiara dan marjan. Maka nikmat Tuhan kamu yang manakah yang akan kamu dustakan?

Mutiara adalah sejenis bahan yang dikeluarkan oleh jenis moluska (siput dan kerang) tertentu, berwarna indah, berkilau, dan bernilai ekonomi tinggi sebagai perhiasan. Pada dasarnya, mutiara adalah zat kapur. Namun mutiara memiliki struktur yang sedikit berbeda dengan zat kapur pembentuk kulit kerang pada umumnya. Zat kapur dalam bentuk kristal kalsit *(crystals of calcite)* dan aragonite yang dilekatkan satu sama lain oleh lapisan protein yang disebut *conchiolin* membentuk lapisan mutiara yang mengkilap.

Jenis-jenis mutiara antara lain: mutiara air laut, mutiara air tawar, dan mutiara imitasi. Mutiara alami adalah mutiara yang dibentuk oleh kerang, tanpa campur tangan manusia. Mutiara ini pada umumnya tidak memiliki inti dan bentuknya tidak beraturan. Mutiara buatan atau budidaya adalah mutiara yang sengaja dibuat dengan memasukkan inti ke dalam tubuh kerang mutiara. Untuk menghasilkan mutiara air laut yang berkualitas baik, pada umumnya memerlukan waktu antara 12 hingga 24 bulan pemeliharaan.

Mutiara dapat memiliki berbagai warna, tergantung jenis moluska (siput/kerang) yang menghasilkannya. *Pinctada Maxima* menghasilkan mutiara yang dikenal sebagai *south sea pearl* (mutiara laut selatan) yang memiliki warna emas, warna perak, dan warna-warna indah lainnya. *Pinctada Margaritifer* dikenal sebagai mutiara Tahiti, menghasilkan warna hitam, hijau tua, dan warna-warna gelap lain. *Pinctada Fucata* dikenal sebagai *akoya pearl,* berwarna putih, merah muda, dan warna-warna cerah lainnya. *Hyriopsis Cumingi* dan beberapa jenis kerang air tawar menghasilkan mutiara berwarna putih dan warna-warna lain, baik asli maupun buatan.

Sejarah menunjukkan bahwa mutiara telah dikenal sekitar 4.500 tahun sebelum Masehi. Saat itu, hanya dikenal adanya mutiara alami. Berbagai ahli berpendapat bahwa mutiara pertama berasal dari kerang air tawar. Pada awal abad 19, dikenal beberapa wilayah penghasil mutiara, antara lain: perairan Teluk, Laut Merah, Persia, India, Srilanka, dan Amerika. Panama dikenal sebagai produsen mutiara putih, sedangkan Tahiti dan Meksiko dikenal sebagai penghasil mutiara hitam. Beberapa jenis kerang yang dapat menghasilkan mutiara antara lain: *Cristaria Plicata* dan *Hyriopsis Cumingi* penghasil mutiara air tawar andalan di China. *Pinctada Fucata* penghasil mutiara Akoya (*akoya pearl*) yang menjadi andalan Jepang. *Pinctada Margaritifer* penghasil mutiara hitam *(black pearl)* sebagai andalan Polynesia Perancis, dan *Pinctada Maxima* penghasil mutiara putih keperakan *(south sea pearl)* (Mikkelsen, 2001). Gambar di bawah ini memperlihatkan proses pembuatan mutiara.

**Gambar 6.1:** Kulit kerang mutiara, Pinctada maxima.

**Gambar 6.2:** Presentasi skematik organ dalam kerang mutiara: 1) Mulut; 2) Kerongkongan; 3) Lambung; 4) Bibir luar kiri; 5) Bibir dalam kiri; 6) "Crystalline style"; 7) Jantung; 8) Kelenjar pencernaan; 9) Usus menurun; 10) Usus menanjak; 11) Rektum; 12) Papilla anus; 13) Kelenjar byssus; 14) Posisi inti dalam gonad (Sumber: CMFRI, 1991).

## B. Iklim dan Cuaca

Beberapa petunjuk Allah dalam Al-Qur'an tentang iklim dan cuaca antara lain yaitu Surah Yūnus 10:22, al-Furqān 25:48, al-A'rāf 7:57, ar-Rūm 30:24 dan 48, Fāṭir 35:9.

1. Surah Yūnus/10: 22

هُوَ الَّذِيْ يُسَيِّرُكُمْ فِى الْبَرِّ وَالْبَحْرِۗ حَتّٰىٓ اِذَا كُنْتُمْ فِى الْفُلْكِۚ وَجَرَيْنَ بِهِمْ بِرِيْحٍ طَيِّبَةٍ وَّفَرِحُوْا بِهَا جَاۤءَتْهَا رِيْحٌ عَاصِفٌ وَّجَاۤءَهُمُ الْمَوْجُ مِنْ كُلِّ مَكَانٍ وَّظَنُّوْٓا اَنَّهُمْ اُحِيْطَ بِهِمْۙ دَعَوُا اللّٰهَ مُخْلِصِيْنَ لَهُ الدِّيْنَ ەۚ لَىِٕنْ اَنْجَيْتَنَا مِنْ هٰذِهٖ لَنَكُوْنَنَّ مِنَ الشّٰكِرِيْنَ

*Dialah Tuhan yang menjadikan kamu dapat berjalan di daratan, (dan berlayar) di lautan. Sehingga ketika kamu berada di dalam kapal, dan meluncurlah (kapal) itu membawa mereka (orang-orang yang ada di dalamnya) dengan tiupan angin yang baik, dan mereka bergembira karenanya; tiba-tiba datanglah badai dan gelombang menimpanya dari segenap penjuru, dan mereka mengira telah terkepung (bahaya), maka mereka berdoa dengan tulus ikhlas kepada Allah semata. (Seraya berkata), "Sekiranya Engkau menyelamatkan kami dari (bahaya) ini, pasti kami termasuk orang-orang yang bersyukur."* (Yūnus/10: 22)

2. Surah al-Furqān/25: 48

وَهُوَ الَّذِيْٓ اَرْسَلَ الرِّيٰحَ بُشْرًاۢ بَيْنَ يَدَيْ رَحْمَتِهٖۚ وَاَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاۤءِ مَاۤءً طَهُوْرًا

*Dan Dialah yang meniupkan angin (sebagai) pembawa kabar gembira sebelum kedatangan rahmat-Nya (hujan); dan Kami turunkan dari langit air yang sangat bersih* (al-Furqān/25: 48)

**_ar-Riyāḥ_ (ar-Rūm/30: 48)**

*Ar-Riyāḥ* adalah bentuk jamak, mufradnya *rīḥ*, artinya angin. Berasal dari kata kerja *rāḥa yarīḥu raiḥan*, artinya datang maupun pergi pada waktu sore hari. *ar-Rūḥ*, kecuali berarti roh, jiwa, sukma, angin sepoi-sepoi, juga berarti keadilan yang melegakan pengadu. *Ar-Riyāḥ* (jamak) dalam beberapa ayat Al-Qur'an disebut tidak kurang dari sepuluh kali, sedangkan dalam bentuk mufrad lebih banyak lagi, yaitu 17 kali. Pada ayat 48 Surah ar-Rūm, seperti pada beberapa ayat lainnya, kata ini berarti angin. Maksudnya, angin yang berhembus di permukaan bumi, mendorong awan, dan menyebarkan hujan. Karena adanya angin, maka hujan tidak hanya turun pada satu tempat, tetapi lebih merata di berbagai tempat di permukaan bumi.

3. Surah al-A‘rāf/7: 57

وَهُوَ الَّذِيْ يُرْسِلُ الرِّيٰحَ بُشْرًاۢ بَيْنَ يَدَيْ
رَحْمَتِهٖ ۗحَتّٰٓى اِذَآ اَقَلَّتْ سَحَابًا ثِقَالًا سُقْنٰهُ
لِبَلَدٍ مَّيِّتٍ فَاَنْزَلْنَا بِهِ الْمَاۤءَ فَاَخْرَجْنَا بِهٖ مِنْ كُلِّ
الثَّمَرٰتِۗ كَذٰلِكَ نُخْرِجُ الْمَوْتٰى لَعَلَّكُمْ
تَذَكَّرُوْنَ

*Dialah yang meniupkan angin sebagai pembawa kabar gembira, mendahului kedatangan rahmat-Nya (hujan), sehingga apabila angin itu membawa awan mendung, Kami halau ke suatu daerah yang tandus, lalu Kami turunkan hujan di daerah itu. Kemudian Kami tumbuhkan dengan hujan itu berbagai macam buah-buahan. Seperti itulah Kami membangkitkan orang yang telah mati, mudah-mudahan kamu mengambil pelajaran.*
(al-A‘rāf/7: 57)

4. Surah ar-Rūm/30: 24

وَمِنْ اٰيٰتِهٖ يُرِيْكُمُ الْبَرْقَ خَوْفًا وَّطَمَعًا وَّيُنَزِّلُ
مِنَ السَّمَاۤءِ مَاۤءً فَيُحْيٖ بِهِ الْاَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا ۗ
اِنَّ فِيْ ذٰلِكَ لَاٰيٰتٍ لِّقَوْمٍ يَّعْقِلُوْنَ

*Dan di antara tanda-tanda (kebesaran)-Nya, Dia memperlihatkan kilat kepadamu untuk (menimbulkan) ketakutan dan harapan, dan Dia menurunkan air (hujan) dari langit, lalu dengan air itu dihidupkannya bumi setelah mati (kering). Sungguh, pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda bagi kaum yang mengerti.* (ar-Rūm/30: 24)

5. Surah ar-Rūm/30: 48

اَللّٰهُ الَّذِيْ يُرْسِلُ الرِّيٰحَ فَتُثِيْرُ سَحَابًا فَيَبْسُطُهٗ
فِى السَّمَاۤءِ كَيْفَ يَشَاۤءُ وَيَجْعَلُهٗ كِسَفًا فَتَرَى الْوَدْقَ
يَخْرُجُ مِنْ خِلٰلِهٖۚ فَاِذَآ اَصَابَ بِهٖ مَنْ يَّشَاۤءُ مِنْ عِبَادِهٖٓ
اِذَا هُمْ يَسْتَبْشِرُوْنَۚ

***Saḥāban* (al-A‘rāf/7: 57)**

*Saḥāban* artinya awan menyeret atau menarik. *as-Saḥbu* berarti penarikan, tetapi *as-saḥāb* artinya awan atau mendung. Dalam Al-Qur'an, lafal *saḥāb* disebut tujuh kali, semuanya berarti awan. Awan di udara banyak yang mengandung uap air, terutama dari penguapan air laut pada siang hari yang tertimpa panas matahari. Awan-awan ini ditarik atau didorong angin sehingga berkumpul menjadi mendung, lalu menumpuk. Setelah mencapai kedinginan tertentu awan tersebut menjadi hujan. Jadi, angin kecuali berfungsi mendorong awan dan mengumpulkannya, juga mendorong dan menyebarkannya ke daerah-daerah lain supaya hujan dapat turun di berbagai tempat di permukaan bumi.

*Allah-lah yang mengirimkan angin, lalu angin itu menggerakkan awan dan Allah membentangkannya di langit menurut yang Dia kehendaki, dan menjadikannya bergumpal-gumpal, lalu engkau lihat hujan keluar dari celah-celahnya, maka apabila Dia menurunkannya kepada hamba-hamba-Nya yang Dia kehendaki tiba-tiba mereka bergembira.*
(ar-Rūm/30: 48)

6. Surah Fāṭir/35: 9

*Dan Allah-lah yang mengirimkan angin; lalu (angin itu) menggerakkan awan, maka Kami arahkan awan itu ke suatu negeri yang mati (tandus) lalu dengan hujan itu Kami hidupkan bumi setelah mati (kering). Seperti itulah kebangkitan itu.*
(Surah Fāṭir/35: 9)

# TAFSIR

Ayat 48 surah ar-Rūm menjelaskan bahwa Allah menghembuskan angin di permukaan bumi yang selanjutnya mendorong awan hingga berkumpul, menumpuk, menjadi mendung, dan akhirnya akan menjadi hujan. Allah juga menyebarkan mendung itu untuk menurunkan hujan di berbagai tempat yang dikehendaki-Nya. Yang tempatnya kejatuhan air hujan, semuanya merasa bergembira dan berbahagia. Demikian proses terjadinya hujan dari kumpulan awan di langit sampai turun di tempat-tempat yang dikehendaki-Nya.

Rahmat Allah berupa hujan ini merupakan nikmat yang sangat besar bagi manusia. Yang bersyukur, berarti mengakui kekuasaan dan kebesaran-Nya, hingga Dia pun akan menambahkan nikmat-Nya. Sebaliknya, yang tidak bersyukur, sombong, dan berarti mengingkari kekuasaan-Nya, diancam dengan azab yang pedih.

**_al-Barq_ (ar-Rūm/30: 24)**

*al-Barq* artinya kilat, yaitu arus listrik di udara yang menyambungkan kepulan awan yang satu dengan lainnya hingga menimbulkan sinar yang terang sekali. Adanya kilat di langit dapat menimbulkan rasa takut karena kilat yang menimbulkan halilintar jika menyambar manusia atau pohon dapat membawa kematian. Tetapi kilat ini juga menimbulkan rasa harap, yaitu akan datangnya hujan, seperti yang dimaksud dalam ayat 24 Surah ar-Rūm ini. Berasal dari kata kerja *baraqa yabraqu barqan*, artinya berkilat, tampak terang, bersinar sangat tajam. Kendaraan Nabi Muhammad waktu Isra' Mikraj ada yang menyebutnya *Burāq*, artinya juga kilat. Maksudnya, kendaraan tersebut cepat sekali layaknya kilat.

Allah berfirman,

وَاِذْ تَاَذَّنَ رَبُّكُمْ لَىِٕنْ شَكَرْتُمْ لَاَزِيْدَنَّكُمْ
وَلَىِٕنْ كَفَرْتُمْ اِنَّ عَذَابِيْ لَشَدِيْدٌ

*Dan (ingatlah) ketika Tuhanmu memaklumkan, "Sesungguhnya jika kamu bersyukur, niscaya Aku akan menambah (nikmat) kepadamu, tetapi jika kamu mengingkari (nikmat-Ku), maka pasti azab-Ku sangat berat."* (Ibrāhīm/14: 7)

Bertiupnya angin yang mendorong awan menjadi mendung merupakan kabar gembira akan datangnya rahmat berupa hujan. Allah berfirman,

وَهُوَ الَّذِيْٓ اَرْسَلَ الرِّيٰحَ بُشْرًاۢ بَيْنَ يَدَيْ رَحْمَتِهٖۚ
وَاَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاۤءِ مَاۤءً طَهُوْرًا

*Dan Dialah yang meniupkan angin (sebagai) pembawa kabar gembira sebelum kedatangan rahmat-Nya (hujan); dan Kami turunkan dari langit air yang sangat bersih* (al-Furqān/25: 48)

Ayat 48 Surah al-Furqān menegaskan bahwa Allah lah yang mengirim angin sebagai tanda pembawa kabar gembira akan datangnya rahmat dan kasih sayang-Nya. Angin mendorong awan agar berkumpul menjadi mendung. Mendung kemudian dihalau ke negeri yang tandus. Hujan pun Allah turunkan di negeri yang tandus itu. Dengan air hujan itu, Allah tumbuhkan beragam pohon dan sayuran. Berbagai jenis buah dapat dihasilkan dari negeri yang semula tandus. Demikianlah, Allah menghidupkan orang-orang yang sudah mati pada hari kiamat nanti. Mudah-mudahan kita dapat mengambil pelajaran dari kekuasaan Allah ini.

Mengambil pelajaran adalah hal yang penting untuk meningkatkan keimanan dan meningkatkan amal saleh. Allah berfirman,

وَاللّٰهُ الَّذِيْٓ اَرْسَلَ الرِّيٰحَ فَتُثِيْرُ سَحَابًا فَسُقْنٰهُ اِلٰى
بَلَدٍ مَّيِّتٍ فَاَحْيَيْنَا بِهِ الْاَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَاۗ كَذٰلِكَ النُّشُوْرُ

*Dan Allah-lah yang mengirimkan angin; lalu (angin itu) menggerakkan awan, maka Kami arahkan awan itu ke suatu negeri yang mati (tandus) lalu dengan hujan itu Kami hidupkan bumi setelah mati (kering). Seperti itulah kebangkitan itu.* (Fāṭir/35: 9)

Ayat 24 Surah ar-Rūm juga menjelaskan tanda-tanda kekuasaan Allah yang berupa kilat. Kilat adalah fenomena atau gejala alam yang dapat disaksikan oleh panca indra. Kilat berbentuk semacam bunga api listrik yang terjadi di kala bersatunya listrik positif yang berada pada kelompok awan yang mengandung air dengan listrik negatif yang berada di bumi, sewaktu keduanya sedang berdekatan. Misalnya, pada saat kelompok awan itu sedang di puncak gunung, dari lintasan aliran listrik itulah timbul pengosongan udara yang kemudian diikuti petir atau geledek. Suaranya yang memekakkan telinga atau bahkan jika menyambar orang bisa mati, menjadikan keberadaan kilat seringkali menimbulkan rasa takut. Namun, petir juga menimbulkan harapan akan datangnya hujan yang dibutuhkan oleh petani.

Ada juga mufasir yang menyatakan bahwa kilat menimbulkan rasa takut pada musafir di perjalanan, tetapi menimbulkan harapan yang menyenangkan bagi orang-orang yang di rumah karena akan datangnya hujan. Juga menimbulkan rasa kecewa dan tidak senang bagi para pedagang, tetapi menimbulkan rasa senang bagi petani. Dengan air hujan, Allah menghidupkan bumi yang tadinya tandus, sehingga tumbuh berbagai macam tanaman. Inilah tanda-tanda kekuasaan Allah bagi kelompok

orang-orang yang mengerti (yang mempergunakan akal). Pada ayat lain, Allah berfirman,

هُوَ الَّذِيْ يُرِيْكُمُ الْبَرْقَ خَوْفًا وَّطَمَعًا وَّيُنْشِئُ السَّحَابَ الثِّقَالَ

*Dialah yang memperlihatkan kilat kepadamu, yang menimbulkan ketakutan dan harapan, dan Dia menjadikan mendung.* (ar-Ra‘d/13: 12)

Sebagai gejala alam, sebagaimana gejala alam lainnya (gerhana, gunung meletus, dan tsunami), kilat seringkali dikhayalkan secara tidak benar, bahkan menyesatkan. Kilat yang memberi tanda akan turun hujan seharusnya ditanggapi dengan syukur kepada Allah. Sebab, turunnya hujan adalah berkah yang besar bagi manusia dan semua makhluk di bumi. Allah berfirman,

وَنَزَّلْنَا مِنَ السَّمَاۤءِ مَاۤءً مُّبٰرَكًا فَاَنْۢبَتْنَا بِهٖ جَنّٰتٍ وَّحَبَّ الْحَصِيْدِ

*Dan dari langit Kami turunkan air yang memberi berkah lalu Kami tumbuhkan dengan (air) itu pepohonan yang rindang dan biji-bijian yang dapat dipanen. (Qaf/50: 9)*

Sesuai dengan sunnatullāh, maka terjadilah musim hujan yang banyak turun hujan di permukaan bumi, dan musim kemarau yang tidak banyak turun hujan. Dua musim ini untuk daerah tropis, seperti di Indonesia. Sedangkan untuk daerah dingin, seperti Eropa dan Amerika Utara, terdapat empat musim, yaitu: musim dingin, musim semi, musim panas, dan musim gugur. Hal ini sesuai dengan posisi matahari dilihat dari permukaan bumi.

## Tinjauan Sains

Matahari adalah sumber energi utama bagi bumi. Pemanasan matahari pada siang hari dan pendinginan pada malam hari dalam skala harian, atau musim panas dan musim dingin dalam skala tahunan, berperan besar pada gerakan massa udara dalam bentuk angin, baik dalam skala lokal maupun global. Demikian juga penguapan air di permukaan bumi oleh matahari sehingga menjadi awan, dan dari awan itu turun hujan, kemudian airnya mengalir ke tempat yang rendah, tampak jelas peranan matahari dalam siklus hidrologi yang merupakan gerakan massa air. Angin atau yang secara umum kita kenal sebagai dinamika atmosfer berperan besar dalam distribusi energi di bumi. Pada sisi lain, pergerakan uap air yang membentuk awan yang membumbung tinggi dapat menyebabkan penumpukan muatan listrik yang dapat dilepaskan secara tiba-tiba ke awan di dekatnya atau ke bumi saat terjadi perbedaan muatan listrik. Pelepasan energi listrik itu kita kenal sebagai petir. Sehingga terkait dengan pertumbuhan dan pergerakan awan serta hujan, fenomena petir tidak dapat dipisahkan. Ada aspek manfaat dan ada pula aspek yang membahayakan bagi manusia. Petir punya peran dalam proses kimia atmosfer, di samping bahayanya. Angin, awan, dan hujan pun jelas dirasakan manfaat dan bahayanya.

Awan dan hujan mengatur suhu bumi dan siklus air di bumi. Karena banyak faktor yang mempengaruhi, datang dan perginya musim hujan dan musim kemarau menjadi bervariasi; Bisa lebih cepat atau lebih lambat. Kegagalan dalam memprakirakan sering berdampak pada kerugian. Para peneliti kini berupaya memahami variabilitas

itu dengan memahami banyak faktor yang mempengaruhinya. Belum semua rahasia alam terkuak, tetapi kini semakin banyak faktor telah dipahami.

Di Indonesia, dulu kita hanya mengenal dua musim: musim hujan dan kemarau, dengan pancaroba pada masa peralihannya. Faktor yang berpengaruh adalah perubahan posisi matahari yang berubah periodik ke utara dan ke selatan, sehingga terjadi fenomena monsun, yaitu perubahan angin dari Asia-Pasifik dan Australia. Desember-Januari-Februari (DJF) adalah musim hujan di sebagian besar wilayah Indonesia karena adanya angin yang membawa uap air dari Pasifik dan Asia. Sedang Juni-Juli-Agustus (JJA) adalah musim kemarau karena angin dari Australia bersifat kering. Pada musim hujan dan kemarau udara cenderung lebih dingin karena angin membawa udara dingin dari daerah yang sedang mengalami musim dingin.

Maret-April-Mei (MAM) dan September-Oktober-November (SON) adalah musim peralihan, pancaroba. Pada musim pancaroba, udara cenderung lebih panas karena tidak adanya efek pendinginan dari pergerakan angin yang relatif bersifat lokal dan berubah-ubah. Inilah yang menjelaskan suhu di beberapa kota terasa lebih panas pada musim pancaroba, bukan karena efek pemanasan global seperti dikira sebagian masyarakat. Konveksi lokal berpotensi terjadi.

Kini, pengetahuan kita bertambah. Ternyata faktor pemanasan lautan Pasifik sangat berpengaruh terhadap pembentukan awan dan hujan di Indonesia. Kita mengenal El Nino dan La Nina. El Nino adalah fenomena suhu muka laut di Pasifik Timur (sekitar perairan Peru) lebih tinggi daripada di Pasifik Barat (sekitar perairan Indonesia). Akibatnya, awan dari wilayah Indonesia bergeser ke Pasifik yang menyebabkan musim kemarau berkepanjangan di Indonesia. Sebaliknya, ketika Pasifik Barat lebih hangat daripada Pasifik Timur akan terjadi La Nina yang menyebabkan awan dari Pasifik berkumpul di wilayah Indonesia. Akibatnya, musim hujan di Indonesia akan semakin panjang. Awal 2009 kita mengalami La Nina lemah, sehingga hujan masih akan terus mengguyur sampai April-Mei. Akibat pemanasan global, frekuensi kejadian El-Nino dan La Nina menjadi semakin cepat. Dulu rata-rata kejadiannya setiap 5 – 7 tahun, sekarang rata-rata kejadian antara 3 – 4 tahun.

Pada tahun 1990-an para peneliti menemukan fenomena baru yang juga berpengaruh pada variabilitas iklim Indonesia. Ternyata suhu muka laut di lautan Hindia juga berpengaruh, yang dikenal sebagai fenomena moda dipol. Mirip dengan La Nina dan El Nino, di lautan Hindia kita mengenal moda dipol negatif dan positif. Pada saat moda dipol negatif, suhu muka laut lautan Hindia Timur (sekitar perairan Indonesia) lebih tinggi daripada di lautan Hindia Barat (sekitar perairan Afrika). Akibatnya awan dari lautan Hindia berkumpul di atas Indonesia. Sebaliknya saat moda dipol positif, perairan Afrika lebih hangat daripada perairan Indonesia sehingga awan dari Indonesia cenderung bergeser ke arah lautan Hindia. Desember 2008 – Januari 2009 kita mengalami moda dipol negatif, sedangkan Februari – Maret 2009 kita mengalami moda dipol positif.

Dua faktor lautan tersebut (Pasifik dan Hindia) sudah cukup menggeser awal musim hujan dan musim kemarau di Indonesia. Karena frekuensi kejadian El Nino dan La Nina

semakin cepat akibat dampak pemanasan global, kita merasakan ketidakpastian musim semakin tinggi. Kita tidak bisa lagi membuat generalisasi bahwa DJF adalah musim hujan dan JJA adalah musim kemarau. Bisa saja karena faktor El Nino-La Nina serta moda dipol positif dan negatif, musim hujan dan musim kemarau bergeser.

Kita sering mendengar ada petani yang terkecoh, dikira sudah masuk musim hujan karena hujan turun setiap hari, nyatanya kemudian kering kembali. Sebaliknya, dikira mulai masuk musim kemarau karena hujan tak turun lagi selama beberapa hari, ternyata kemudian hujan masih turun. Atau kita sering merasakan pada saat musim hujan ada jeda dengan cuaca cerah selama beberapa hari.

Kini, diketahui ada periodisitas jangka pendek antara 1 – 2 bulanan, terkait turunnya hujan yang dikenal osilasi Madden-Julian. Ada masa konveksi pembentukan awan sangat kuat yang terkait dengan banyaknya turun hujan dan ada masa konveksi pembentukan awan sangat lemah yang terkait dengan kurangnya turun hujan. Hujan yang cukup deras beberapa hari pada pekan ketiga Maret, terkait erat dengan kuatnya konveksi pembentukan awan di wilayah Indonesia. Selanjutnya, diperkirakan pada awal April, konveksi pembentukan awan akan sangat lemah yang memicu berkurangnya curah hujan di sebagian besar wilayah Indonesia. Ini bukan awal musim kemarau, karena efek La Nina masih memungkinkan turunnya hujan April-Mei.

Ada periodisitas lain yang juga harus diperhatikan, yaitu faktor kosmogenik yang berasal dari antariksa. Pasang surut air laut sudah lama diketahui berperiode 12 jam karena efek gravitasi bulan. Tetapi ada saat-saat tertentu pasang mencapai maksimum karena efek gabungan gravitasi bulan dan matahari. Itu terjadi sekitar bulan baru (sekitar tanggal 1 kalender Hijriyah/Saka) dan sekitar purnama. Pada saat itu, banjir pasang terjadi paling tinggi di daerah pantai yang menjangkau daratan yang lebih luas.

Faktor kosmogenik lainnya adalah dari aktivitas matahari yang terkait dengan pancaran partikel energetik dan radiasi matahari yang periodenya sekitar 11 tahunan. Banyak penelitian yang menunjukkan pembentukan awan dan curah hujan dipengaruhi juga oleh periodisitas aktivitas matahari. Ada kecenderungan curah hujan lebih tinggi atau lebih rendah pada saat aktivitas matahari maksimum, tergantung daerahnya.

Iklim sebagai suatu keadaan cuaca rata-rata jangka panjang ternyata bervariasi atau bahkan berubah. Faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan itu bisa berasal dari aktivitas manusia (antropogenik) atau dari antariksa (kosmogenik). Faktor antropogenik bersumber dari peningkatan emisi gas rumah kaca (gas yang berefek pemanasan seperti di dalam rumah kaca), terutama karbon dioksida yang berasal dari industri dan transportasi. Peningkatan karbon dioksida secara global dikaitkan dengan munculnya gejala pemanasan global.

Menurut salah satu model sistem iklim global, peningkatan karbon dioksida dua kali lipat bisa meningkatkan suhu rata-rata global sekitar 1,5 – 4,5 derajat. Sementara itu, bukti pengamatan karbon dioksida atmosfer yang diukur di berbagai tempat di dunia menunjukkan peningkatan. Dan, suhu udara permukaan global pun secara umum menunjukkan kecenderungan meningkat.

Di sisi lain, faktor antropogenik

ternyata tidak selalu bisa menjelaskan gejala perubahan iklim. Ternyata pada saat aktivitas antropogenik terus meningkat, terjadi juga penurunan suhu udara permukaan, khususnya sekitar tahun 1940–1970. Data-data suhu permukaan global menunjukkan adanya penurunan, walaupun karbon dioksida dan gas rumah kaca lainnya terus meningkat. Hal ini bisa menjadi petunjuk adanya faktor lain yang mempengaruhi perubahan iklim, yaitu faktor kosmogenik, terutama faktor aktivitas matahari. Faktor mana yang dominan di antara faktor antropogenik dan kosmogenik, masih menjadi perdebatan para peneliti.

Salah satu penelitian menggunakan model iklim yang memperhitungkan pertukaran panas antara darat dan laut, antara atmosfer dan lautan, antara belahan bumi Utara dan Selatan, serta parameterisasi percampuran di lautan. Hasilnya menunjukkan bahwa pengaruh gas rumah kaca lebih mendominasi daripada pengaruh variabilitas matahari. Sebaliknya, penelitian lainnya menunjukkan bahwa kontribusi faktor aktivitas matahari lebih dominan daripada faktor gas rumah kaca terhadap perubahan suhu global (udara dan daratan). Model iklim yang digunakan dalam penelitian kedua adalah model pencampuran lautan dan konservasi energi musiman, mirip dengan penelitian pertama tersebut. Faktor gas rumah kaca hanya menunjukkan perubahan suhu global yang monoton naik, sedangkan faktor aktivitas matahari menunjukkan perubahan bervariasi mendekati perubahan suhu global.

Apa yang bisa kita lakukan? Faktor alam hanya bisa kita waspadai. Faktor antropogenik dari perilaku manusia harus kita perbaiki agar tidak memperkuat potensi bencana. Memperbaiki daya dukung lingkungan adalah upaya mutlak yang harus dilakukan saat ini juga, antara lain dengan memperbanyak resapan air, memperbaiki saluran air, dan memperbanyak ruang terbuka hijau.

Banjir kini telah menjadi hal yang hampir selalu terjadi setiap hujan, dalam skala kecil maupun besar. Walau kecil, banjir di perkotaan telah menyusahkan banyak orang, setidaknya memacetkan lalu lintas dan menyusahkan penghuni di sekitarnya. Jalan dan gang banyak yang berubah menjadi sungai deras saat hujan lebat. Kadang kita menyalahkan pihak lain, tanpa mau menyadari bahwa bisa jadi kita salah satu pihak yang menyebabkannya. Sampah yang kita buang sembarang telah menyumbat saluran air dan resapan di halaman kita telah tertutup lapisan semen.

Kota juga semakin terasa panas dan pengap. Kicau burung semakin langka. Pendingin udara semakin menjadi kebutuhan vital di kota-kota besar. Lagi-lagi kita sering menyalahkan pihak lain sebagai penyebabnya, tanpa mau menyadari bahwa bisa jadi kita salah satu pihak yang menyebabkan. Pohon sering dianggap pengganggu sehingga dibiarkan mati di pinggir jalan atau ditebang saat membangun rumah, tanpa menggantikannya. Halaman rumah dibiarkan gersang sekadar karena alasan lahan sempit dan sibuk.

Sering kita berpikir terlalu global dan mengabaikan hal kecil yang ada di sekitar kita. Padahal kita bisa berbuat banyak sesuai peran masing-masing untuk menyelamatkan lingkungan bumi kita. Ketika sampah menggunung, kita hanya berharap pemerintah yang menyelesaikan,

padahal kita bisa juga membantu menyelesaikannya, setidaknya dengan mengurangi sampah yang dibuang.

Tiga contoh kecil itu sekadar pembuka kesadaran pentingnya kepedulian kita pada lingkungan untuk tujuan yang lebih besar, penyelamatan planet bumi. Bukan untuk kepentingan planet bumi tentunya, tetapi untuk kita sendiri dan anak-anak kita. Secara kasat mata kita merasakan betapa bumi kita makin rusak. Hutan makin gundul yang berakibat makin banyaknya bencana tanah longsor dan banjir bandang. Lingkungan perkotaan makin tidak nyaman dengan makin panasnya udara, sampah bertebaran tak terkendali, sungai menyempit, dangkal, dan kotor, udara makin kotor, serta banjir bila hujan. Anomali iklim ekstrem yang menyebabkan kekeringan dan besarnya curah hujan serta bencana lainnya, kini frekuensi kejadiannya semakin sering. Ya, bumi kita makin rusak. Telah terjadi perubahan yang bersifat lokal, regional, dan global. Hasil-hasil penelitian lembaga-lembaga riset menunjukkan fakta adanya perubahan yang berpotensi mengancam kehidupan manusia saat ini dan masa mendatang.

Kajian perubahan suhu di Jakarta menunjukkan bahwa dalam 100 tahun, tahun 1901 – 2002, suhu cenderung terus naik. Pada awal 1900-an, suhu rata-rata di Jakarta sekitar 26 derajat, pada awal 2000-an mencapai sekitar 28 derajat. Penelitian lebih rinci dengan data satelit di beberapa kota besar menunjukkan kecenderungan pemanasan kota yang disebut *urban heat island* (pulau panas perkotaan). Disebut pulau panas karena pemanasan hanya bersifat lokal di tengah kota, sedang daerah sekitarnya relatif lebih dingin. Pemanasan kota lebih disebabkan berkurangnya tanaman dan bertambahnya bangunan serta jalan beraspal.

Di Bandung, daerah panas dengan suhu tinggi 30-35 0C yang umumnya terletak di sekitar pusat kota, bertambah dengan laju per tahun 4,47% atau kira-kira 12.606 ha. Laju pertambahannya di Semarang 8,4% (12.174 ha), dan di Surabaya 4,8% (1.512 ha). Hal ini terkait dengan laju pertumbuhan per tahun kawasan terbangun di Bandung 0,36% (1.029 ha), di Semarang 0,83% (1.200 ha), dan di Surabaya 1,69% (531 ha).

Perkembangan pembangunan yang berdampak pada peningkatan polusi udara juga berpotensi meningkatkan keasaman air hujan. Fenomena hujan asam perlu diwaspadai karena terkait dengan potensi kerusakan pada bangunan dan usaha pertanian. Pengukuran keasaman hujan asam di Bandung mulai memberi sinyal lampu kuning. Sejak 1996, air hujan di Bandung cenderung berada di bawah batas keasaman dan mulai mengindikasikan fenomena hujan asam. Bahkan pada tahun 1999 – 2000 mencapai batas terendah dengan keasaman (pH) sekitar 4 yang mungkin juga sebagian disebabkan oleh sumber-sumber dari gunung berapi. Sulfur Dioksida dan Nitrogen Dioksida dari polusi udara dari kendaraan bermotor dan industri menjadi faktor yang perlu diwaspadai dari fenomena hujan asam.

Curah hujan rata-rata di Jawa Barat dan Banten ada kecenderungan berkurang, dari 2.596 mm pada 1901 – 1930 menjadi 2.215 mm pada 1973 – 2002. Secara spasial, daerah yang mengalami penurunan curah hujan terutama di daerah Jawa Barat bagian selatan. Banyak faktor yang berpengaruh, selain faktor lokal dan regional, sangat

mungkin juga dipengaruhi faktor global.

Secara global diyakini perubahan iklim telah terjadi akibat pemanasan global yang terkait peningkatan gas rumah kaca (terutama $CO_2$) akibat aktivitas manusia. Suhu rata-rata global makin panas, naik sekitar 0,7 derajat dalam 50 tahun. Tampaknya kenaikannya kecil, tetapi diduga kuat berperan pada peningkatan tinggi permukaan air laut dan mencairnya es di kutub. Bila emisi $CO_2$ dari industri, transportasi, dan aktivitas manusia lainnya terus bertambah, sedangkan hutan sebagai penyerap $CO_2$ makin berkurang, maka akibatnya adalah bumi yang semakin panas dan terjadinya perubahan curah hujan. Bila itu terjadi, Indonesia bagian utara cenderung akan makin tinggi curah hujannya, sedangkan Indonesia bagian selatan (termasuk Jawa) cenderung berkurang curah hujannya. Dengan suhu makin tinggi, produksi padi dan jagung juga cenderung menurun, kecuali bila ditemukan bibit unggul baru.

Kecenderungan makin rusaknya bumi, baik dalam skala lokal maupun global, bukan lagi sekadar wacana ilmiah. Perlu langkah kongkret untuk mengatasinya. Langkah-langkahnya mulai dari lingkup global, nasional, regional, sampai lokal, bahkan personal. Kalau kita biarkan, potensi bencana mengancam kita, untuk sekarang ataupun generasi yang akan datang.

Di tingkat global telah diupayakan perjanjian-perjanjian internasional untuk penyelamatan bumi. Misalnya, Protokol Montreal untuk perlindungan lapisan ozon dan Protokol Kyoto untuk pengendalian pemanasan global, walau masih ada kendala pelaksanaannya. Di tingkat nasional, perlu terus diupayakan adanya peraturan perundangan yang menjamin kelestarian hutan, tata guna lahan yang ramah lingkungan, pengendalian pencemaran, dan segala aspek lainnya yang berorientasi pada pembangunan berkelanjutan demi penyelamatan bumi dan kehidupannya.

Pembuat kebijakan tentu berperan pada langkah-langkah strategis pada lingkup global, nasional, dan lokal kota/ kabupaten. Tetapi aksi penyelamatan bumi bisa juga pada lingkup personal. Setidaknya perilaku individual itu dapat mengurangi kerusakan lingkungan secara langsung atau tidak langsung dari perubahan perilaku masyarakat secara kolektif.

Perubahan perilaku individu dan masyarakat terkait dengan sampah sangat penting ditekankan. Sikap egois dan tidak peka terhadap masalah lingkungan masih sering dijumpai sehingga seenaknya membuang sampah di mana saja. Perilaku untuk memilah sampah dalam konteks 3 R (*Reduce, Reuse, Recycle* atau Kurangi, Pakai ulang, Daur ulang) perlu terus diupayakan. Pemilahan mulai tingkat rumah tangga bukanlah hal yang rumit bila dibiasakan. Menyediakan 3 tempat sampah di rumah dapat mengurangi masalah sampah. Sampah organik bisa sekadar ditimbun di halaman dengan lubang bergilir untuk menyuburkan tanah. Sampah yang bisa didaur ulang (misalnya kertas, karton, dan botol) bisa diserahkan kepada pemulung atau pengumpul sampah daur ulang. Tempat sampah ketiga untuk sampah lainnya. Dengan pembiasaan kita pasti bisa berdisiplin, agar saluran air tak tersumbat sampah dan gunung sampah tak pernah perjadi lagi.

Penanaman dan pemeliharaan pohon harus diintensifkan untuk mengurangi dampak pemanasan karena efek gas rumah kaca lokal maupun global. Pohon

akan menyerap $CO_2$ di udara untuk diubah menjadi batang, daun, dan buah. Dengan berkurangnya $CO_2$ di udara, panas dari permukaan bumi dapat langsung dilepaskan ke angkasa tanpa hambatan. Semakin besar dan semakin banyak pohon dipelihara, semakin baik pengurangan pemanasan kota dan global. Namun, dalam skala kecil pun, tanaman dalam pot yang ditempatkan di dalam dan sekitar rumah dan gedung perkantoran dapat menciptakan efek pendinginan selain menambah unsur keindahan.

Penghematan listrik bukan hanya faktor ekonomi, tetapi juga faktor penting dalam penyelamatan lingkungan bumi. Saat ini, pembangkit listrik banyak yang bergantung pada bahan bakar minyak dan batu bara. Pembakaran bahan bakar minyak dan batu bara berpotensi memperbanyak emisi $CO_2$ yang menambah pemanasan bumi. Pada lingkup individu, kita bisa berbuat dengan menggunakan listrik secara bijak. Lampu dan AC hanya digunakan bila diperlukan. Gunakan sebanyak mungkin cahaya alami dan upayakan sistem pendinginan sirkulasi udara alami.

Di perkantoran selain mengupayakan penanaman pohon, pemilahan sampah, dan penghematan listrik, upaya penyelamatan bumi bisa dengan penghematan penggunaan kertas. Secara umum, semakin banyak kertas digunakan, akan semakin banyak pohon ditebang sebagai bahan baku kertas. Jadi, jika tidak diperlukan jangan membuat cetakan dokumen. Gunakan transfer informasi tertulis secara digital.

Contoh-contoh itu hanyalah sebagian kecil langkah yang bisa kita lakukan dalam upaya menyelamatkan planet bumi. Bencana atau ketidaknyamanan yang kita alami dan saksikan akibat kerusakan lingkungan bumi yang tentunya tidak kita inginkan makin parah. Kasih sayang kita pada anak-anak harus diwujudkan dengan mewariskan lingkungan bumi yang lebih baik, yaitu kota yang semakin hijau dan sejuk, sungai yang semakin bersih dan tertata, serta udara yang semakin segar dan langit yang semakin biru.

## Iklim

Iklim dan cuaca merupakan kondisi lingkungan sekitar suatu tempat, menyangkut suasana yang dapat mempengaruhi aktivitas makhluk hidup, termasuk manusia. Di dalam beberapa ayat Al-Qur'an di atas bahkan dilukiskan bahwa cuaca dapat mempengaruhi suasana hati manusia, berupa harapan dan kecemasan. Secara fisik, besaran-besaran cuaca bisa diukur dalam bentuk, temperatur, kecepatan angin, kelembaban udara, penyinaran matahari, dan lainnya.

Angin adalah massa udara yang berpindah dari suatu tempat ke tempat lain karena adanya perbedaan tekanan atau suhu. Arah pergerakan adalah dari tempat yang bertekanan tinggi ke tempat yang bertekanan rendah. Pada ruangan tertutup, suhu udara tinggi biasanya berkaitan dengan tekanan yang tinggi. Tetapi di alam terbuka, suhu setempat yang tinggi biasanya menyebabkan tekanan udara yang rendah.

Angin, seperti di gambarkan dalam beberapa ayat di atas, mempunyai peranan khusus di dalam iklim dan cuaca. Sebab di satu sisi, angin merupakan suatu produk dari adanya perbedaan iklim dan cuaca di permukaan bumi. Sedang di sisi lain, angin mempengaruhi terciptanya kondisi iklim

dan cuaca di suatu tempat. Fenomena ini tidak terlepas dari sifat udara yang memuai secara vertikal ke atas, karena pada struktur atmosfer, kerapatan udara semakin berkurang dengan bertambahnya ketinggian. Oleh karena itu, pada umumnya udara bergerak dari tempat yang dingin ke tempat yang lebih panas. Umum dikenal bahwa hembusan angin membawa hawa dingin yang menyejukkan. Hembusan angin panas (angin samun) hanya terjadi pada kasus-kasus khusus. Melalui sebab angin panas ini, antara lain, Allah menurunkan azab bagi kaum yang ingkar.

## Cuaca

Definisi cuaca secara keilmuan adalah sekumpulan fenomena yang terjadi pada tempat dan waktu tertentu. Tempat terjadinya cuaca di bumi adalah permukaan bumi atau pada lapisan atmosfer terendah, lebih tepatnya pada lapisan troposfer di bawah stratosfer. Cuaca biasanya berkaitan dengan keadaan harian suhu dan presipitasi (hujan atau salju). Sedang iklim adalah keadaan rata-rata cuaca untuk jangka waktu yang panjang.

Keadaan cuaca suatu tempat berbeda dengan tempat lainnya, ditentukan oleh suhu dan kerapatan (tekanan dan kelembaban) udara. Perbedaan ini terdapat karena adanya perbedaan sudut penyinaran matahari pada setiap waktu (spot) terhadap permukaan bumi. Karena poros bumi membuat sudut terhadap bidang orbital matahari (sebesar 23,50), sinar matahari datang ke permukaan bumi dari sudut yang berbeda untuk setiap tempat, pada setiap harinya, untuk sepanjang tahun. Di permukaan bumi, temperatur berkisar antara -40° C s/d 40° C. Setelah beribu-ribu tahun, perbedaan dan perubahan-perubahan suhu di muka bumi menyebabkan pengaruh yang berbeda dari jumlah dan distribusi energi yang diterima permukaan bumi dari penyinaran matahari, dan mempengaruhi iklim jangka panjang.

Secara umum, rotasi bumi serta peredarannya mengelilingi matahari menyebabkan distribusi panas yang berbeda di permukaan bumi, dan menyebabkan terjadinya angin. Perbedaan suhu di muka bumi menyebabkan perbedaan tekanan udara. Perbedaan suhu yang besar antara daerah tropis dan daerah kutub menyebabkan terjadinya arus jet. Sistem cuaca pada daerah lintang menengah, misalnya siklon intertropis, terjadi karena ketidakstabilan aliran jet. Sedang secara vertikal, tempat yang lebih tinggi di troposfer memiliki suhu yang lebih rendah dikarenakan kurangnya kompresi pemanasan. Untuk mengerti dengan baik perilaku cuaca, diperlukan terlebih dahulu pengertian yang menyeluruh tentang sifat-sifat atmosfer bumi.

## Atmosfer

Atmosfer bumi adalah selaput udara yang menyelimuti permukaan bumi, yang tertahan oleh gaya gravitasi bumi. Atmosfer pada dasarnya melindungi bumi dari sinar ultraviolet yang dipancarkan matahari, memanasi bumi dengan radiasi panas yang berasal dari energi yang diterimanya, dan sebagai stabilisator suhu dari perbedaan temperatur ekstrem yang diakibatkan oleh perbedaan penyinaran matahari antara siang dan malam. Di samping itu, atmosfer melindungi bumi dari terjangan meteor-meteor yang tidak hentinya menghujani bumi. Sebagai gambaran: suhu rata-rata

permukaan bumi adalah 14° C atau 15° C. Meskipun terasa dingin, itu merupakan suhu yang aman dan menyejukkan bagi manusia. Sedang suhu bagian terluar atmosfer secara teoritis adalah 1500° C, di mana tidak akan mungkin terdapat kehidupan.

Selimut udara ini memiliki struktur yang berlapis-lapis, di mana setiap lapisan memiliki karakteristik yang berbeda dilihat dari sifat fisiknya. Berdasarkan kerapatan udara dan suhu, atmosfer bumi dapat dibagi menjadi lima lapis utama, dari yang terendah sampai yang tertinggi sebagai berikut:

| | |
|---|---|
| **Trofosfer** | Trofosfer menutupi permukaan bumi hingga ketinggian sekitar 7 km di atas kutub dan 17 km di atas khatulistiwa. Sumber panas Trofosfer terutama berasal dari transfer energi permukaan bumi. Oleh karenanya, bagian terendah Trofosfer merupakan bagian terhangat. Semakin tinggi tempat, suhu semakin menurun. Trofosfer mengandung kira-kira 80 persen masa total udara Atmosfer. Lapisan ini pun merupakan tempat terjadinya angin serta pergerakan vertikal udara, terbentuknya awan serta peredarannya untuk kemudian menjadi hujan. Bagian teratas dari Trofosfer dinamai Tropopause yang berbatasan dengan Stratosfer. |
| **Stratosfer** | Stratosfer terletak di atas Trofosfer sampai dengan ketinggian kira-kira 51 km. Pada lapisan ini, suhu naik dengan bertambahnya ketinggian. Batas teratas Stratosfer, Stratopause, terletak antara ketinggian 51 s/d 55 km. Tekanan di sini besarnya 1/1000 dari tekanan udara di permukaan laut. |
| **Mesosfer** | Mesosfer menempati ketinggian atara sekitar 55 km s/d sekitar 80-85 km. Ini adalah lapisan yang merupakan pelindung, tempat di mana sebagian besar meteor terbakar. Pada lapisan ini, suhu, seperti halnya di troposfer, menurun dengan ketinggian. Mesopause yang merupakan batas tertinggi Mesosfer, merupakan pula tempat terdingin di atas bumi dengan suhu sekitar -100°C. |
| **Thermosfer** | Suhu di Thermosfer bertambah dengan semakin tingginya tempat secara konstan dari mesopause sampai dengan termopause pada ketinggian 350 s/d 800 km, dimana temperatur mencapai 1500° C. Meski demikian, karena kerapatan masa udara sangat jarang di tempat ini, suhu di sini tidak dapat diukur dan didefinisikan dengan cara yang biasa kita lakukan di bumi. Puncak dari Thermosfer, atau dasar dari Exosfer disebut Exobase. |
| **Exosfer** | Lapisan terluar dari atmosfer bumi, membentang dari Exobase hingga ketinggian yang sulit ditentukan. Di sini partikel-partikel sangat berjauhan sehingga sebuah partikel dapat bergerak sejauh |

| | |
|---|---|
| | ratusan kilometer tanpa bertumbukan dengan partikel lainnya. Pergerakan bebas partikel di sini mengikuti lintasan peluru dan dapat bergerak bebas keluar masuk Magnetosfer dan solar wind. Gas di Exosfere terutama Hydrogen dan Helium. |

Tabel-6. : Lapisan-lapisa atmosfer

Di samping pelapisan atas dasar sifat-sifat fisiknya, terdapat pula pelapisan Atmosfera yang terjadi atas dasar perbedaan susunan kimia gas penyusunnya atau sifat elektokimia nya. Lapisan-lapisan terpenting di antaranya adalah:

| | |
|---|---|
| **Lapisan ozon** | Terdapat di lapisan bawah Stratosfer pada ketinggian antara 15-35 km dengan ketebalan maksimum yang terletak di sekitar khatulistiwa dan bervariasi tergantung musim dan posisi geografis. Pada lapisan ini konsentrasi ozon O3 berkisar antara 2 sampai 8 ppm, yang jauh lebih tinggi dari kandungan Ozon Atmosfer di bawahnya. Lapisan ozon ini merupakan pelindung bumi dari radiasi sinar ultraviolet kosmik, terutama yang datang dari matahari. |
| **Ionosfer** | Merupakan bagian dari Atmosfer yang terionisasi oleh radiasi matahari. Membentang pada ketinggian antara 50 s/d 1000 km, menempati laisan Thermosfer dan Exosfer dan merupakan bagian terdalam dari Magnetosfer. Lapisan ini penting karena pengaruh-pengaruhnya, misalnya terhadap propagasi gelombang radio di bumi dan fenomena aurora. |
| **Homosfer dan Heterosfer** | Keduanya ditentukan oleh homogenitas campuran gas penyusunnya. Pada Homosfer yang terletak di bagian bawah Atmosfer sampai ketinggian kira-kira 100 km, komposisi kimia udara tidak tergantung pada berat molekul, karena gas bercampur dengan turbulensi pergerakan udara. Di atasnya terdapat Turbopause, yang mengalasi bagian atmosfer di mana komposisinya beragam menurut ketinggian. Ini dikarenakan jarak antarpartikel sangat renggang sehingga dapat bergerak cukup jauh tanpa bertumbukan antara satu dengan lainnya, yang menyebabkn percampuran. Keadaan ini menyebabkan gas-gas berlapis-lapis menurut berat molekulnya. Gas terberat, seperti misalnya oksigen dan nitrogen, terletak pada lapisan Heterosfer terbawah. Sedang lapisan terluar hanya terdiri dari Hidrogen yang merupakan gas paling ringan. |

*Tabel-6. Pembagian atmosfer berdasarkan sifat kimia*

Sebetulnya Atmosfer adalah suatu sistem yang tidak beraturan (*chaotic*), sehingga adanya perubahan kecil pada suatu bagian dapat berkembang membawa pengaruh yang besar pada keseluruhan sistem. Oleh karenanya, sangat sulit untuk memperkirakan cuaca dengan akurat lebih dari beberapa hari ke depan. Sementara itu pengetahuan tentang perkembangan cuaca yang akan datang sangat penting dan besar pengaruhnya terhadap aktivitas pertanian, perhubungan, konstruksi, serta banyak sektor ekonomi lainnya. Oleh karena itu, para ahli cuaca yang ditugaskan memperkirakan cuaca yang akan datang berusaha memperkecil keterbatasan ketelitian perkiraan dengan memperdalam pengetahuan tentang perilaku Atmosfer serta mengembangkan teknologi pemantauan. Pada saat ini telah banyak diluncurkan satelit-satelit pemantau cuaca dan Atmosfer untuk kepentingan prakiraan cuaca dan studi iklim.

Karena dimensinya yang sangat besar serta faktor-faktor yang mempengaruhi cuaca dan iklim sangat kompleks, maka untuk mempelajari iklim dan cuaca biasanya dilakukan dengan pendekatan model. Model-model iklim menggunakan metode kuantitatif untuk mensimulasikan interaksi Atmosfer, samudera, permukaan daratan dan es untuk melihat dinamika iklim dan cuaca. Semua model iklim didasarkan atas kesetimbangan energi yang datang ke bumi sebagai gelombang pendek (termasuk sinar tampak) radiasi elektromagnetik dengan energi yang dikeluarkan bumi dalam bentuk energi gelombang panjang (infra merah). Setiap ketidaksetimbangan atas keduanya akan menimbulkan perubahan.

Iklim meliputi statistik jangka panjang tentang suhu, kelembapan, tekanan udara, angin dan hujan, pada suatu daerah. Menurut definisi (IPCC), iklim adalah rata-rata cuaca atau lebih lengkapnya: deskripsi statistik dalam hal rata-rata dan keragaman besaran-besaran yang relevan dengan cuaca, untuk periode beberapa bulan sampai ribuan atau jutaan tahun. Periode klasik yang dianggap standar untuk mengukur iklim adalah 30 tahun. Sedang besaran-besaran yang dianggap paling relevan adalah suhu, presipitasi (hujan atau salju), dan angin.

Iklim suatu lokasi dipengaruhi oleh besarnya latitude (sudut atau jarak lintang dari khatulistiwa) ketinggian tempat, bentang alam, jarak terhadap laut atau badan air lainnya, serta (sebagai akibat) adanya tutupan salju. Iklim dapat diklasifikasikan menurut rata-rata dan kisaran tipikal besaran variabel-variabelnya, yaitu temperatur dan presipitasi. Klasifikasi iklim yang paling banyak dipakai adalah sistem klasifikasi yang disusun oleh Wladimir Koppen. Sistem Thornwaite digunakan semenjak tahun 1948, menggabungkan besaran evapotranspirasi sebagai tambahan terhadap suhu dan presipitasi, ditujukan untuk mempelajari keragaman spesies-spesies hewan dan potensi pengaruh perubahan iklim.

Menurut sistem klasifikasi, terdapat beberapa iklim utama di dunia yang keberadaannya ditentukan terutama oleh temperatur dan kelembaban udara.

Iklim di permukaan bumi selalu berubah sepanjang sejarahnya. Permukaan bumi pernah sangat panas dan pernah pula sangat dingin. Tetapi semenjak munculnya manusia (Homosapiens) pada ± 40.000 tahun BP hingga sekarang, iklim di permukaan bumi

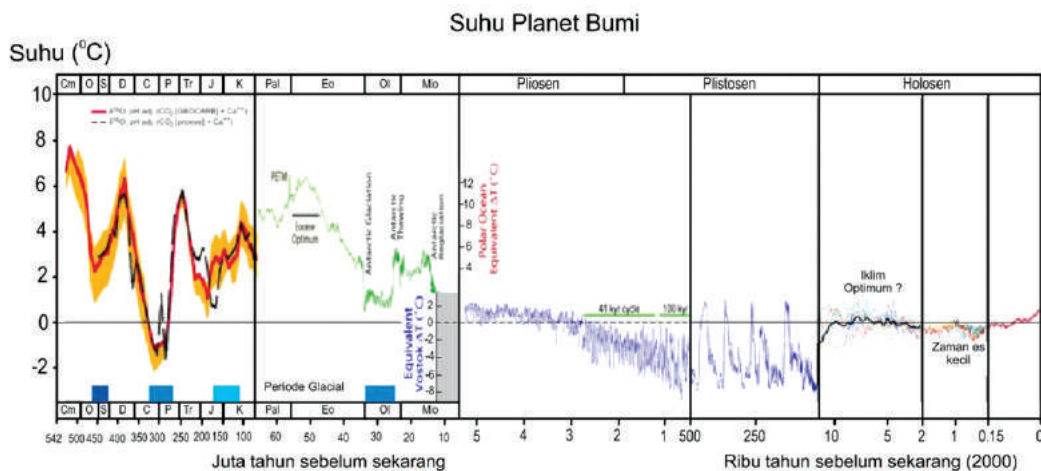
relatif stabil. Meski demikian, menjelang munculnya manusia di permukaan bumi (± 120.000 tahun BP), geologi mencatat suatu zaman dingin (zaman es) yang cukup panjang (chaline, 1985) yang menyebabkan sebaran endapan es di kedua kutub lebih tebal dan lebih luas daripada yang kita jumpai saat ini. Endapan es ini kemudian mencair pada masa prasejarah (± 15.000 tahun BP), dikenal dengan nama zaman glasiasi dan masih berlangsung hingga awal-awal zaman peradaban. Pencairan es terhenti pada ± 5000 tahun BP, ketika muka air laut berhenti naik pada ketinggian yang sekarang kita jumpai. Terhentinya kenaikan muka air laut ditafsirkan sebagai adanya proses penurunan, atau paling tidak stabilisasi, temperatur bumi sehingga es yang berada di kedua kutub bumi berhenti mencair.

Isu tentang perubahan iklim mencuat lagi pada akhir abad yang lalu. Namun kali ini, sumber penyebabnya adalah perilaku manusia *(anthropogenic)*. Isu ini beranjak dari kekhawatiran Arrhenius Svante (1896) yang menyatakan bahwa pembakaran sumber energi fosil dapat menyebabkan kenaikan temperatur atmosfer dan dapat membawa pemanasan global. Kekhawatiran ini cukup beralasan karena proses produksi pada pascarevolusi industri umumnya menggunakan bahan bakar fossil sebagai sumber energi yang memproduksi $CO_2$ ($CO_x$ lainnya dan kadang-kadang metan) sebagai gas buang, yang lambat laun akan mengakibatkan efek rumah kaca di Atmosfer. Di samping itu, industrialisasi menghasilkan pula gas-gas rumah kaca (GRK) lainnya ($NO_x$ dan metan) yang akan meningkatkan absorbsi radiasi sinar infra merah matahari atau memantulkannya kembali di atmosfer sehingga mengakibatkan kenaikan suhu udara secara global dan mengubah pola iklim. Seringkali GRK ini mengandung pula unsur-unsur Bromida, Khlorida atau Fluorida, dan karbon *(halocarbures)* yang dapat menyebabkan penipisan dan pelubangan lapisan ozon di atmosfer.

Pada 1990, 1992, dan 1996, IPCC *(Intergovernemental Panel on Climate Change)* mempublikasikan *Special Reports on Emission Scenarios* (SRES) yang memuat perkiraan-perkiraan tentang perubahan iklim yang didasari oleh model IMAGE 2.2 *(Integrated Model for Assessment of the Greenhouse Effects)*. Laporan ini berisikan pendugaan dan sekaligus konsekwensi dari pemanasan global. Menurut SRES, perubahan iklim akan memiliki berbagai dampak berupa peningkatan temperatur udara dan muka laut, perubahan pola hujan. Banjir dan kekeringan akan lebih sering terjadi.

Temperatur rata-rata bumi telah naik sebesar 0,6° C (+/- 0.2° C) semenjak abad yang lalu. Kenaikan yang paling kuat terjadi antara 1910-1945 dan setelah tahun 1975. Menurut

| | **KERING** | | | **BASAH** |
|---|---|---|---|---|
| DINGIN | Tudung es kutub | Sub-artik | | |
| | | Tundra | | Kontinental basah |
| | | Stepa | Iklim Mediteranea | Subtropis Basah |
| PANAS | Gurun | Sabana tropis | Iklim Samudera | Hutan Hujan |

*Tabel-6. Klasifikasi iklim utama dunia*

**Gambar-6.3:** Evolusi temperature udara rata-rata di permukaan bumi semenjak terbentuknya (Sumber: math.ucr.edu)

perkiraan IPCC (1996), suhu udara rata-rata global akan naik 1° C pada 2040 apabila tidak dilakukan upaya-upaya pengurangan emisi CO2 dan GRK lainnya. Pada 2100, suhu akan naik lagi sebesar 1,5° C. Menurut skenario IPCC mana pun, suhu udara masih akan naik sebesar 0,5° C dan akan stabil pada 2050, meski emisi GRK dihentikan secara tiba-tiba pada masa sekarang ini.

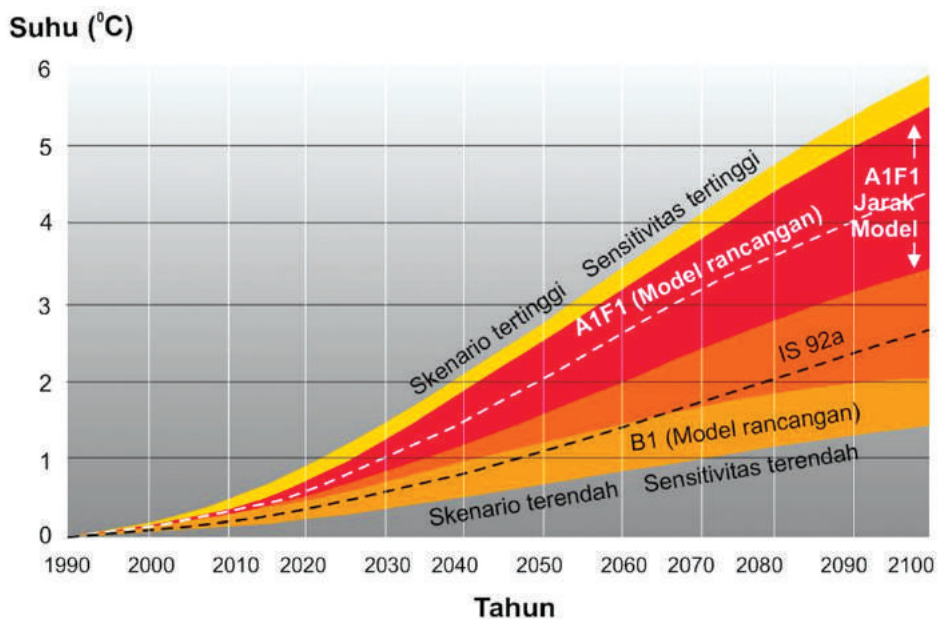
Dampak langsung kenaikan temperatur kemungkinan akan lebih terasa di daerah yang lebih dekat ke kutub. Diperkirakan pada sekitar 2090, es di kutub utara akan "mencair" seluruhnya yang akan memungkinkan transportasi air dilakukan ke kutub utara.

Perubahan suhu akan berdampak pada presipitasi. Di daerah subtropis, angin musim *(monsoon)* akan lebih kuat. Akan didapati lebih banyak hembusan angin panas di musim panas dan berkurangnya masa beku di musim dingin. Periode tanpa salju di utara akan bertambah, tetapi banjir musim dingin dan kekeringan di musim panaskan bertambah pula yang akan berpengaruh buruk terhadap hasil panen. Jumlah total hujan di muka bumi akan naik. Sementara itu, akan ada pula daerah-daerah yang menerima curah hujan kurang dari sebelumnya. Dalam setahun, hari-hari dengan curah hujan lebat atau suhu udara tinggi akan semakin sering. IPCC memperkirakan permukaan laut akan naik sekitar 18 cm pada tahun 2040 dan sekitar 48 cm pada 2100 untuk skenario terburuk. Penyebab kenaikan muka laut terpenting adalah pemuaian termal volume air laut dan pencairan es kutub. Di samping itu gelombang-gelombang badai dan penurunan tanah di daerah pesisir akan berperan pula. Perubahan-perubahan kelembaban akan terjadi lebih cepat, sehingga kestabilan ekosistem akan terganggu pula.

Meski tidak sedikit pihak yang skeptis terhadap hasil pemodelan IPCC, tetapi umumnya setiap pihak sepakat bahwa perubahan iklim sedang terjadi. Penyebab utama dari perubahan iklim ini mungkin bukan antropogenik, bisa saja merupakan proses siklus alami, seperti variabilitas radiasi matahari. Yang jelas, Perubahan iklim akan berpengaruh terhadap berbagai aspek lingkungan lainnya, seperti: udara, kualitas air, penggurunan, keragaman hayati, deforestasi, dan kerusakan pelapisan *(stratospherique)* Atmosfer. Penting untuk diperhatikan bahwa

masalah-masalah ini harus diselesaikan secara terintegrasi karena satu sama lain berkaitan dan memerlukan penanganan yang simultan. Meski demikian, upaya-upaya penanggulangan tidak akan berarti apabila umat manusia tidak berusaha untuk mengurangi emisi GRK.

Upaya masyarakat internasional dalam menanggulangi masalah ini diwujudkan antara lain dengan penyelengaraan pertemuan tingkat tinggi di Jepang pada tahun 2001. Hasil terpenting dari pertemuan tersebut, dikenal dengan *Kyoto Protocol*, mengharuskan negara-negara industri mengurangi emisi GRK-nya sampai dengan tahun 2012 dengan besar pengurangan yang bervariasi antara 6 s.d 21%. Tidak serta merta semua negara menerima protokol ini, Amerika Serikat dan Australia, menarik diri dari perjanjian ini, meski berjanji akan tetap melakukan upaya pengurangan emisi. Pada pertemuan berikutnya, di Bali pada tahun 2008, sikap Australia dan Amerika melunak.

Indonesia tidak termasuk kepada negara yang berkewajiban untuk mengurangi emisi GRK. Tetapi Negara non emiten pun pada akhirnya akan tetap dituntut untuk beradaptasi terhadap konsekuensi-konsekuensi dari perubahan iklim yang terjadi, karena emisi gas berlebih akan berakibat tidak hanya pada negara emitennya, tetapi akan disebar ke seluruh dunia. Oleh karena itu, agar dampak merugikan yang timbul bisa ditekan atau dihindari, setiap negara harus mengenali kira-kira dampak perubahan apa yang akan timbul di negaranya dan bagaimana cara beradaptasi. Dua akibat perubahan iklim yang akan timbul di Indonesia dengan konsekuensi yang cukup berat yaitu perubahan pola hujan dan kenaikan paras air laut. Mekanisme dan konsekuensi kenaikan paras laut pada umumnya telah lebih banyak. Apabila proses kenaikan panas laut berlangsung secara linier dan

**Gambar-6.4:** Kenaikan Suhu Bumi menurut berbagai scenario IPCC (Sumber:commons.wikipedia.org)

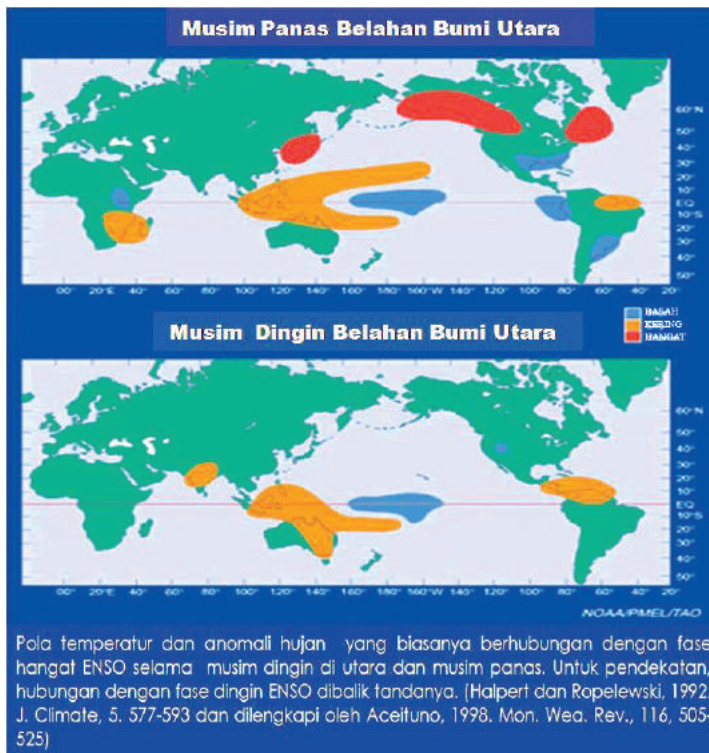
merata maka akan berjalan relatif perlahan dan penduduk akan memiliki waktu untuk beradaptasi secara alami, kecuali beberapa kota besar di pesisisir yang memerlukan penataan ulang dalam waktu 50 tahun.

Untuk perubahan proses hujan, pola dan perilakunya belum diketahui dan amat sedikit dipelajari. Padahal hujan berkaitan dengan aspek sumber daya air yang menyentuh kepentingan vital kehidupan manusia, baik secara langsung dalam bentuk air minum, MCK, sanitasi dan kesehatan lingkungan, maupun secara tidak langung melalui sektor-sektor pertanian, industri, dan aktivitas ekonomi lainnya. Di samping itu, pola dan perilaku hujan di Indonesia memiliki pula variabilitas yang tinggi yang berasal dari interferensi siklus *interannual* yang belum semuanya dimengerti dengan baik, seperti misalnya fenomena *El Nino, Dipole Mode, Monsoon*, dan lainnya. Lebih jauh lagi, secara setempat, terdapat pula perubahan tutupan lahan yang seringkali drastis dan dalam skala yang luas, seperti pengembangan kota, pembalakan hutan, alih fungsi lahan, dan lainnya yang juga dapat merubah secara setempat perilaku iklim. Apapun penyebabnya, perubahan iklim di Indonesia akan menyebabkan perubahan pola dan perilaku hujan dan pada akhirnya akan menyebabkan semakin sering dan beratnya kejadian banjir dan kekeringan.

Untuk daerah-daerah di sekitar khatulistiwa, seperti halnya di Indonesia, perubahan iklim yang disebabkan oleh pemanasan global akan mengakibatkan peristiwa-peristiwa iklim ekstrem lebih sering terjadi. Yang dimaksud dengan peristiwa iklim ekstrem adalah tahun-tahun dengan curah hujan yang sangat rendah sehingga mengakibatkan kekeringan, atau dengan curah hujan yang sangat tinggi sehingga menimbulkan bencana berupa banjir dan atau tanah longsor. Selama ini, iklim ekstrem terjadi pada tahun-tahun di mana fenomena El-Nino atau fenomena Dipole Mode tampak sangat kuat, atau terjadi interaksi antar keduanya. Fenomena El-Nino adalah peristiwa meningkatnya suhu permukaan laut di sebelah timur samudera Pasifik secara abnormal. Anomali ini menyebabkan sebagian daerah menerima curah hujan yang tingginya di atas normal, sedangkan ada bagian wilayah lain yang menerima curah hujan sangat sedikit.

Pada tahun El-Nino, sebagian besar wilayah Indonesia akan mengalami kekeringan. Tahun El-Nino biasanya disusul dengan tahun La Nina, ketika peningkatan suhu muka laut di atas normal terjadi di sebelah barat Samudra Pasifik, yaitu di sekitar perairan Indonesia. Pada tahun La Nina, curah hujan yang jatuh di Indonesia akan lebih besar daripada batas normal maksimum. Catatan hasil pemantauan memperlihatkan bahwa fenomena El-Nino dan La Nina ini berulang setiap kira-kira 7 tahun. Sementara itu, di samudera Hindia terdapat pula fenomena pergeseran anomali suhu permukaan air laut serupa yang dikenal dengan fenomena Dipole Mode. Kekeringan sangat berat yang dialami Indonesia pada tahun 1997 sebenarnya merupakan akibat dari pengaruh gabungan fenomena El-Nino dan Dipole Mode positif.

Di samping peristiwa iklim ekstrem, curah hujan tinggi yang abnormal bisa terjadi pada daerah yang terlanda badai. Sebagai akibat dari pemanasan global, kemungkinan terjadinya badai dan angin-angin topan akan semakin sering, dengan hembusan yang semakin kuat dan bertiup pada daerah-daerah yang secara teoritis (normal) tidak akan

Pola temperatur dan anomali hujan yang biasanya berhubungan dengan fase hangat ENSO selama musim dingin di utara dan musim panas. Untuk pendekatan, hubungan dengan fase dingin ENSO dibalik tandanya. (Halpert dan Ropelewski, 1992. J. Climate, 5. 577-593 dan dilengkapi oleh Aceituno, 1998. Mon. Wea. Rev., 116, 505-525)

**Gambar 6.5** Sebaran anomali cuaca pada tahun el Nino (sumber: Wikipedia, 2009)

pernah dilalui badai. Badai dan angin kencang secara teoritis jarang atau bahkan tidak akan melanda daerah di dekat khatulistiwa. Tetapi pada beberapa tahun terakhir ini, wilayah Indonesia sering mendapat pengaruh kuat dari badai-badai yang terjadi di daerah subtropis dalam bentuk curah hujan tinggi dan gelombang tinggi (rob).

Berdasarkan informasi berupa cerita umat-umat terdahulu sebagaimana dijelaskan dalam Al-Qur'an, peristiwa iklim ekstrem tampaknya sering terjadi. Misalnya, masa kekeringan panjang yang diwahyukan kepada Nabi Yusuf, pernah melanda Mesir serta daerah-daerah di sekitar Palestina. Peristiwa khusus lainnya yang dapat digolongkan sebagai peristiwa iklim istimewa adalah angin kuat ketika Allah menghukum kaum ‘Ād dan banjir Nabi Nuh.

Sedikit sekali intervensi yang dapat dilakukan manusia terhadap iklim dan cuaca. Salah satu hal yang dapat dilakukan manusia terhadap cuaca adalah mempercepat turunnya hujan dengan melakukan kondensasi buatan. Pada kelembapan udara yang terdapat di Atmosfer, biasa ditambahkan kondensat penarik molekul air berupa urea atau garam yang ditaburkan menggunakan pesawat terbang. Uap-uap air kemudian tertarik dan terkumpul membentuk butiran yang lebih besar sehingga bobotnya pun bertambah berat dan jatuh sebagai hujan, yang di Indonesia dikenal sebagai hujan buatan. Hal yang sulit dilakukan adalah mengatur di mana dan kapan hujan itu turun, karena terdapat faktor angin yang hanya bisa diperhitungkan, tetapi sulit ditetapkan, dan seringkali arah serta kecepatannya berubah secara tiba-tiba.

Beberapa petunjuk Al-Qur'an dapat diperhatikan pada ayat-ayat berikut.

1. Surah al-Wāqi‘ah/56: 68-70

أَفَرَءَيْتُمُ الْمَآءَ الَّذِي تَشْرَبُونَ ﴿٦٨﴾ ءَأَنتُمْ أَنزَلْتُمُوهُ مِنَ الْمُزْنِ أَمْ نَحْنُ الْمُنزِلُونَ ﴿٦٩﴾ لَوْ نَشَآءُ جَعَلْنَٰهُ أُجَاجًا فَلَوْلَا تَشْكُرُونَ ﴿٧٠﴾

*Pernahkah kamu memperhatikan air yang kamu minum? Kamukah yang menurunkannya dari awan ataukah Kami yang menurunkan? Sekiranya Kami menghendaki, niscaya Kami menjadikannya asin, mengapa kamu tidak bersyukur?*
(al-Wāqi‘ah/56: 68-70)

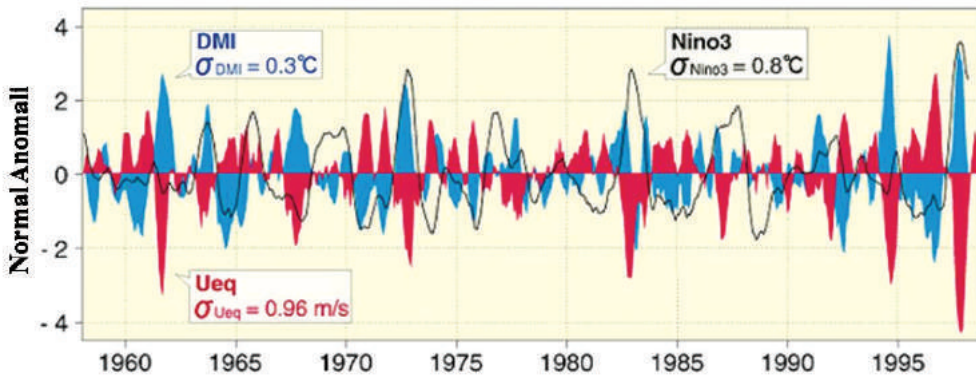
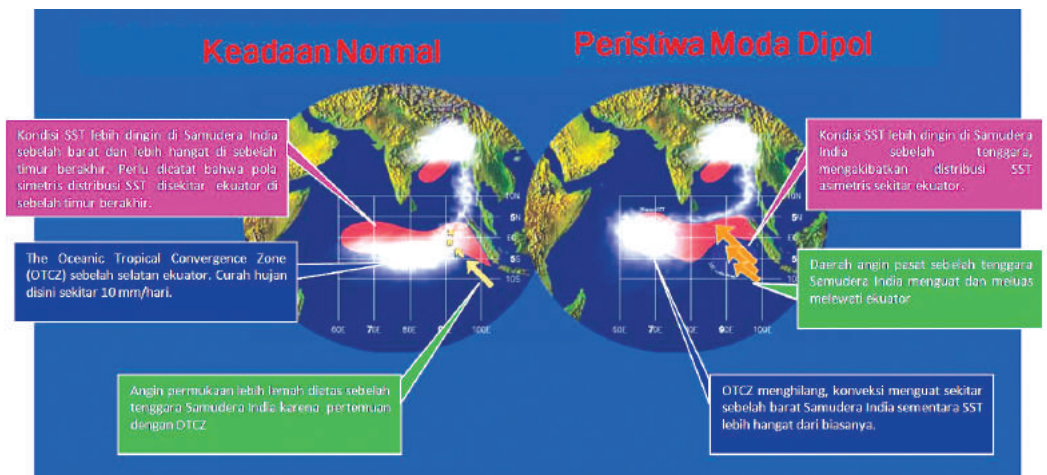
2. Surah al-Mulk/67: 30

قُلْ اَرَءَيْتُمْ اِنْ اَصْبَحَ مَاۤؤُكُمْ غَوْرًا فَمَنْ يَّأْتِيْكُمْ بِمَاۤءٍ مَّعِيْنٍ

*Katakanlah (Muhammad), "Terangkanlah kepadaku jika sumber air kamu menjadi kering; maka siapa yang akan memberimu air yang mengalir?" (al-Mulk/67: 30 )*

3. Surah an-Nabā'/78: 14

*Dan Kami turunkan dari awan, air hujan yang tercurah dengan hebatnya,* (an-Nabā'/78: 14)

**Gambar 6.6:** Pergeseran Iklim di Samudera Indonesia pada tahun Moda Dipole terhadap tahun Normal. (sumber: Wikipedia, 2009)

**Gambar 6.7:** Perulangan tahun-tanhun El-Nino dan Moda Dipol beserta interferensinya.

**DALAM WAKTU TAHUN**

**Kejadian Moda Dipol (DMI) dan El Nino sejak 1958. DMI diplot dengan warna biru memperlihatkan pola evolusi yang jelas berbeda dari El-Nino, yang diwakili oleh anomali Nino3 SST (garis hitam). Pada sisi lain, anomali angin di zona ekuatorial U_eq diplot dengan warna merah. Sama dengan DMI ketika seri waktu telah dinormalkan oleh masing-masing standar deviasi Variabilitas dengan periode 7 tahun atau lebih panjang berdasarkan analisis harmoni telah dihilangkan dari semua data set yang digunakan dalam analisis. Sebagai tambahan, seri waktu dihaluskan dengan menggunakan rata-rata 5 bulan menerus**

# DAFTAR PUSTAKA
# &
# INDEX

# DAFTAR PUSTAKA


1. Butterworths - London Gat J. R., R. Gonfiantini, 1981. Stable Isotope in Hydrology: Deuterium and Oxygen -18 in the Water Cycle. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1981.
2. Black P.E., 1996. Watershed Hydrology, Lewish Publishers, London
3. Cecep Subarya, 2010: Pemodelan dan Estimasi Dinamika Pergerakan Lempeng Tektonik di Wilayah Indonesia dari Pengamatan GPS
4. Djamil, A.S, 2004. Al Qur'an dan Lautan. P.T.Mizan Pustaka, Bandung
5. Derbyshire E., K.J. Gregory, J.R. Hails, 1979. Studies in Physical Geograpfy: Geomorphological Processes.
6. Dott., Jr, R.H., and Batten, R.L., 1976. Evolution of the Earth., McGraw Hill,Inc., Tokyo
7. Dunne, T., Leopold, L.B. (1978). Water in Environmental Planning, W.H.Freeman
8. Freeze R.A and J.A. Cherry (1979). Groundwater. Prentice Hall Publ.
9. Friedman G.M, J. E. Sanders, 1978. Principles of Sedimentology. John Willey and Sons, New York.
10. Guiderdoni, B., 2004. Membaca Alam, Membaca Ayat (terjemahan), PT Mizan Pustaka, Bandung
11. Jacques G., and Le Treut, H., 2005.Climate Change, UNESCO, Spain
12. Krauskoff K.B., 1982. Introduction to Geochemistry. Mc Graw Hill book Company, London.
13. LAPAN, 2009: Fenomena Cuaca Antariksa, LAPAN, 2009.
14. Ludwig F., P. Kabat, H. van schaik, M. van der Valk, 2009. Climate Change Adaptation in water Sector. Earthscan Dunstan House, London EC1N 8XA, UK.

15. Munasri, Setyana, A., 2009: Kekuatan Tersembunyi Bumi: Yang melindungi dan Membimbing. Resonansi, Edisi-3/2009, Terbitan Himpunan Ahli Geofisikan Indonesia (HAGI).
16. Natawidjaja, D.H. Komunikasi Pribadi
17. Sidle R.C., A.J. Pearce, C.L. O'loughlin, 1985. Hillslope Stability and Land Use. American Geophysical Union, Washington D.C.
18. Stumm W., J.J. Morgan, 1981. Aquatic Chemistry, An Introduction Emphasizing Chemical Equilibria in Natural Water. John Willey and Sons, New York.
19. Trenberth, E K, Julie M. Caron, David P. Stepaniak and Steve Worley, The evolution of ENSO and global atmospheric temperaturs, J. Geophys. Res. Atmospheres (2000).
20. Turcotte, D.L, and Schubert, G., 1982. Geodynamic application of continuum physics, John Wiley & Sons Inc, New York
21. Voituriez, B., and Jacques, G., 2000.El Nino: fact and Fiction, UNESCO, Paris
22. Voituriez, B., 2003, The Changing Ocean, UNESCO, Spain.
23. Webster's Online Dictionary, (http://www.websters-online-dictionary.org)
24. Wyllie, P.J., 1971. The Dynamic Earth. Wiley Internasional, John Wiley & Sons Inc, New York

## Sumber Gambar/foto:

Atwater, Brian
CMFRI, 1991
Cencus of Marine Life
Munasri
Natawidjaja, D. Hilman
NOAA
Sieh, K
Suhasono
Wikipedia, 2009
www.absoluteastronomy.com/topics/Baltica
www.cliffshade.com/colorado
www.commons.wikipedia.org
www.earlham.edu/~pinema/Himalaya.htm
www.explanet.info
www.geerassociation.org
www.geology.com/pangea.htm
www.jamstec.go.jp
www.kqed.org
www.lec.lancs.ac.uk
www.math.ucr.edu
www.pubs.usgs.gov/gip/dynamic/stripes.html
www.wpclipart.com/space/apollo11_earthview.png.html
www.websters-online-dictionary.org)
www.wikipedia.org.id/wiki/Apollo_11

# INDEX


A

Ahmad Musṭafā al-Marāgi 20
Akoya 108
Alexandria 35
algae 104
anorganik 6, 13
Antartika 103
Anthropaleontologi 14
Apungan Benua 66
Aqwātahā 47
Arkean 23
asin 53
astenosfer 38, 62, 63
Astrofisika 9
astronomi 21
Astronomi, 16
Atlantik Utara 100
atmosfer 48, 76
Atmosfer 35, 81

B

Bahīj 53
Basalt 12
Batavia 50
batuan 48
batubara 50
Batubara 91
berotasi 17
besi 50
Big Bang 21, 35
Bimasakti 75
Biologic Oxygen Demand 87
biosphere 77
bipolar 77
black smokers 62
Bombardemen 35
Bukit Barisan 49

C

Cenozoic 48
cetacean 104
chaotic 123
Columnar join 12
continental drift 62
Conveyer Belt 107
conveyor belt 100
Conveyor belt 16
Cromwell 101
crystals of calcite 108
Cuaca 109

D

dam 86
Daur Air 79
daur hidrologi. 81
deformasi 58, 69
densitas 100
deposit lode 94
deposit placer 94
deposit terobosan 94
Dissolved Oxygen 87

## E

ekinodermata 104
Ekosistem 55
eksogen 48
elastik 39
Elektromagnetik 39
elektron 42
El Nino 114
emas 50, 94
emisi 118
Endapan 54
endogen 48
energi 48, 50
Energi 91
Energi fosil 10
energi geotermal 92
Eon 23
epidemi 42
Epoch 23
Era 23
Eratosthenes 35
erosi 49, 54
Erosi 51
erupsi 60
Eufrat 50
Eurasia 63, 67
evaporasi 86, 100
evolusi 4
Evolusi geologi 22
Exosfer 122

## F

Fanerozoikum 23
Fikih ix
fitoplankton 102
Fitoplankton 106
fixists 62
fluida 63
foreshocks 69
fosil 50

## G

garam 53
gas bumi 59
gas metan 91
gas radon 69
Gas rumah kaca 10
gelombang longitudinal 39
gelombang traversal 39
geofisika 62
geokimia 49, 67
geologi 62
Geologi 15, 46
Gerhana bulan 35
Gibraltar 101
glukosa 78
GPS 66
granit 49
Gravitasi 6
Gravity 36
Guiderdoni 9

## H

Hadean 23
heterogen 40
Heterosfer 123
hidrogen 75
Hidrogen 25
hidrologi 49
Hidrologi 71
hidrosfer 48, 78
Hidrosfer 35
Hidrostatik 12
Himalaya 49, 63
Hindia-Australia 67
homogen 40
Homosfer 123
Horizon 35
hutan 53
Hyriopsis Cumingi 108

## I

Iklim 109
illegal logging 55
inklinasi 64
Inner core 38
Inner mantel 38
interstellar cloud 75
Ionosfer 122
Isostasi 12
isotop 50

## J

jagat raya 7

Jagat raya 6
Jamādāt 13
Jayawijaya 29, 62

**K**

Kan‘ān 99
karbondioksida 76
Karbondioksida 14
Kenozoikum 51
kerak bumi 38
khatulistiwa 100
Khazanah 10
Kipas aluvial 15
kondensasi 79
konservasi 48
kosmogenik 115
kosmos 9
krustasea 104
krutasea 104
kutub negatif 41
kutub positif 41

**L**

Lamun 105
La Nina 114
LAPAN x
Laut 98
lava 49
lempeng samudra 54
litosfer 38, 63

**M**

magma 49
Magmatik 16
magnetic reversal 65
magnetik, 62
magnetometer 64
Magnetosfer 35
magnitudo 68
Mekah 23
Mesopotamia 54
Mesosfer 121
Mesozoic 48
Mesozoikum 50
Metabolisme 3
metamorf 48
Metana 14
meteorit 35
Meteorit 24
mineral 50, 59
Mineral 93
Minyak bumi 91
mobilists 62
Moho 40
Mohorovicic 40
moluska 104
monazite 92

**N**

Nabi Nuh 99
NaCl 77
Netron 92
Nil 50
Nitrogen dioksid 14
nuklir 50
nutrien 102

**O**

Observatorium Bosscha xiii
oksigen 75
Oksigen 25
Organik 13
Outer core 38
ozon 122

**P**

paleomagnetik 64
Paleozoic 48
Paleozoikum 50
Pangea 22, 25, 76
Pasifik 54, 67, 100
Period 23
Planet 3
plankton 91
plastisitas 93
Plutonium 92
polaritas magnetik 65
polar wandering 42
Poros 17
poros bumi 17
Porositas 26
Pra Kambrium 50
Primary Wave 39
Primitif 25

Proterozoikum 23
proton 42
Protozoic 48

## Q

Qamariyah 15

## R

radiasi 48
Rasi 7
rasi Salib Selatan 17
Rasi Ursa Mayor 17
renik 91
Revolusi 7
rotasi 4
Rotasi 7

## S

salinitas 101
Samudra 3, 98
Saripati 8
Secondary Wave 39
sedimen 40
Sedimentasi 51
seismograf 39
siklus 46
siklus tektonik, 49
Singularity 21
soil 69
solar nebulae 75
solvent 78
Sponge 105
Sriwijaya 50
Stratosfer 121
Stromatolite 25
sunnatullāh 6
Syene 35

## T

tawar 53
tektonik 48, 58
tektonik lempeng 58
tembikar 93
Teori Airy 12
teori tektonik lempeng. 42
terkondensasi 25
Terminator 34
Thermosfer 122
Tigris 50
Timah 94
topografi 100
transpirasi 86
Trofosfer 121

## U

Uap air 14
Upper mantel 38
uranium 92
'Uyūna 53

## V

vulkanisme 93

## Z

zat-zat ionic 77
zooplankton 102, 106

بسم الله الرّحمن الرّحيم

# تنـــدا تصحيح

NO: P.VI/1/TL.02.1/675/2010
Kode: A6F/U/0,01/IX/2010

لـــجـــنه فنـــتـــصحيحن مصحف القرأن كمنتريان اكام ريفوبليك اندونيســـيا تلـــه منـــتصحيح اية-اية القرأن دالم تفسير اية كونية دڠن تيـــما "فنجفتأن بومي دالم فرسفكتف القران دان سينس" يڠ دتربتكن اوله لجنه فنتصحيحن مصحف القرأن بادن لتبڠ دان ديكلت كمنتريان اكام ريفوبليك اندونيسيا.

دچتاك : س ف. اليا كوسوما فردانا، جاكرتا

اكورن : ١٧,٥ x ٢٥ س م

جاكرتا ، ٨ شوال ١٤٣١ هـ
١٧ سفتمبر ٢٠١٠ م

تيم فلاكسنا فنـــتـــصحيحن مصحف القرأن

كتوا

حاج محمد صاحب طهر

سيكرتاريس

دكتور حاج احسن سخاء محمد